

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA



**Desarrollo de un dulce gelificado funcional sin azúcares
añadidos elaborado a partir de pulpa de fruta natural**

TESIS

Que presenta

p.Q.F.B. GUSTAVO OROZCO ARÉVALO

Como requisito para obtener el título profesional de

QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

Asesor de tesis: D.C. Héctor Eduardo Martínez Flores

Morelia, Michoacán Noviembre de 2016



“Tesis apoyada por el Consejo Estatal de Ciencia, Tecnología
e Innovación del Estado de Michoacán”.



Dedicatoria

A mis padres Rubén Orozco Ramírez y Aurora Arévalo Carranza por darme siempre su apoyo incondicional no solamente en este lapso universitario si no durante toda mi vida.

A mis seis hermanos que entre gritos y risas estuvieron conmigo demostrando que todo se puede lograr.

A mi pareja Gaby Talavera por permanecer a mi lado más de siete años, por su manera de percibir los momentos, palabras de apoyo y nunca dejarme vencer a pesar de las circunstancias.

A todos ustedes mil gracias.

Agradecimiento

Al Doctor Héctor Eduardo Martínez Flores por darme la oportunidad y confianza de ser su tesista, por su amistad, apoyo, consejos y conocimientos que siempre con agrado fueron explicados.

A la M.C. Gabriela Monserrat Ochoa Manzo por brindarme la oportunidad de ser parte de su trabajo, tolerarme durante cinco meses, por tus consejos siempre dispuestos para mejorar, contagiarme de tu actitud y sobre todo tu amistad.

Al Doctor Octavio Rodiles y Maestra Diana Maya por aceptar ser sinodales, por su orientación y consejos.

A todos mis amigos y compañeros que sin pensarlo estuvieron dándome su aliento para seguir adelante, gracias por todo.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en especial a la Facultad de Químico Farmacobiología a todo su gran personal docente que inspiran a ser mejor cada día y nunca dejar de aprender, administrativo y servicios. Por ser mi segunda casa durante cinco años y formarme como profesionista.

A la empresa Moreliates por darme la oportunidad de conocerlos, estar con ustedes sin restricción alguna y proporcionar la materia prima e ideas para este proyecto de investigación.

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México - CONACYT ya que se utilizó el equipo Texturómetro Brookfield CT3, adquirido a través del proyecto No. 253736 “Equipamiento para el fortalecimiento del grupo de investigación en caracterización de propiedades de los alimentos con impacto en los Programas Institucionales de Maestría y Doctorado en Ciencias Biológicas de la UMSNH”, aprobado al Dr. Héctor Eduardo Martínez Flores en la convocatoria “Apoyo al Fortalecimiento y Desarrollo de la Infraestructura Científica y Tecnológica 2015”.

A Dios por permitirme vivir cada instante.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo I: Introducción	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Definición del problema	3
1.4 Objetivos de la investigación	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Justificación	6
1.6 Hipótesis	7
Capítulo II: Bases teóricas	8
2.1	9
Antecedentes	9
2.2 Confitería en México	9
2.3 Ate de Morelia	11
2.3.1 Clasificación	12
2.3.2 Constituyentes del ate comercial	12
2.4 Alimentos reducidos y sin azúcar	25
2.5 Constituyentes de un ate con reducción o eliminación de azúcar	25
2.5.1 Fructosa	26
2.5.2 Polidextrosa	26
2.5.3 Maltitol	27
2.6 Desarrollo de alimentos funcionales	27
2.7 Evaluación sensorial	28
Capítulo III: Materiales y Métodos	30
3.1 Materiales	32
3.1.1 Pulpa de frutas	32
3.1.2 Edulcorantes	32
3.1.3 Polidextrosa	32
3.1.4 Aditivos	32
3.2 Metodología	33
3.2.1 Etapa I	33

3.2.1.1	Determinación de variables independientes y dependientes	33
3.2.1.2	Elaboración de fórmula control	33
3.2.1.3	Procedimiento de elaboración	34
3.2.1.4	Estandarización de cantidad de edulcorantes	34
3.2.1.5	Determinación de sólidos solubles y pH.....	34
3.2.1.6	Evaluación sensorial	35
3.3	Etapas II.....	35
3.3.1	Elaboración de fórmulas: 1) Reducida en azúcar y 2) Sin azúcar	35
3.3.2	Análisis sensorial	36
3.3.3	Determinación de sólidos solubles y pH.....	36
3.4	Determinación de las características químicas	36
3.4.1	Análisis químico proximal	37
3.4.2	Determinación de pectina	37
3.4.3	Determinación de características texturales	37
3.4.4	Determinación de minerales	38
3.4.5	Análisis microbiológico	38
Capítulo IV: Resultados y Análisis de Resultados		40
4.1	Etapas I	41
4.1.1	Determinación de variables independientes y dependientes	41
4.1.2	Elaboración fórmula control.....	41
4.1.2.1	Proceso de elaboración.....	42
4.1.3	Estandarización de cantidad de edulcorantes	44
4.1.4	Evaluación sensorial	45
4.2	Etapas II.....	46
4.2.1	Elaboración de fórmulas: 1) Reducido en sacarosa y 2) Sin sacarosa	46
4.2.1.1	Reducido en sacarosa	46
4.2.1.2	Sin sacarosa.....	47
4.2.1.3	Proceso de elaboración de fórmulas modificadas	48
4.2.2	Análisis sensorial.....	51
4.2.3	Determinación de sólidos solubles	53
4.2.4	Determinación de características químicas	54
4.2.4.1	Análisis químico proximal.....	54
4.2.5	Determinación de pectina	57
4.2.6	determinación de características texturales.....	58

4.2.6.1 Dureza.....	59
4.2.6.2 Adhesividad	59
4.2.7 Determinación de minerales.....	60
4.2.8 Análisis microbiológico.....	60
Capítulo V: Conclusiones	63
5.1 Conclusiones.....	64
Bibliografía.....	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Ate típico moreliano	11
Ilustración 2.- Fruto de tejocote.....	13
Ilustración 3.- Estructura química de la pectina (Badui, 2006).....	17
Ilustración 4.-Estructura química de la sacarosa (Mckee, 2003).....	21
Ilustración 5.-Estructura química del ácido cítrico (Ramírez, 2011).....	23
Ilustración 6.- Estructura química del benzoato de sodio (Charley, 1990).....	24
Ilustración 7.- Estructura química de la fructosa (Charley, 1990).....	26
Ilustración 8.- Estructura química de la povidexrosa (Danisco, 2005).....	27
Ilustración 9.- Tipos de análisis sensorial.....	29
Ilustración 10.-Texturómetro CT3 y aditamento TA-RT-KIT	38
Ilustración 11.-Ate control deshidratado	41
Ilustración 12.- Ate preliminar reducido en azúcar	45
Ilustración 13.- Preferencia tratamientos preliminares	46
Ilustración 14.- Ate reducido en azúcar deshidratado	47
Ilustración 15.- Ate sin azúcar deshidratado	48
Ilustración 16.- Prueba hedónica fórmula control.....	51
Ilustración 17.- Prueba hedónica formula reducido en azúcar	52
Ilustración 18.- Prueba hedónica fórmula sin azúcar.....	52
Ilustración 19.- Evaluación de dureza	52
Ilustración 20.- Aceptación del producto.....	53
Ilustración 21.- Comparación de medias para humedad de los dulces	54
Ilustración 22.- Comparación de medias para cenizas de los dulces	55
Ilustración 23.- Comparación de medias para extracto etéreo de los dulces	56
Ilustración 24.- Comparación de medias para proteína de los dulces	57
Ilustración 25.- Comparación de medias para pectina de los dulces.....	57
Ilustración 26.- Pectina seca extraída	58
Ilustración 27.- Filtración de pectina.....	58
Ilustración 28.- Comparación de medias para dureza de los dulces	59
Ilustración 29.- Comparación de medias para adhesividad de los dulces	60
Ilustración 30.- Análisis de Coliformes totales	61

Ilustración 31.- Análisis de bacterias aerobias	61
Ilustración 32.- Análisis de hongos y levaduras.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Clasificación de variedades de ates.	12
Tabla 2.- Clasificación de tipos de ates.	12
Tabla 5.- Clasificación de los edulcorantes con base en sacarosa=1	20
Tabla 6.- Propiedades generales del ácido cítrico	22
Tabla 7.- Variables experimentales	41
Tabla 8.- Fórmula control	41
Tabla 10.- Tratamientos modificados en cantidad de azúcar.....	45
Tabla 11.- Reducido en azúcar	47
Tabla 12.- Ate sin sacarosa	47
Tabla 13.- Valor de °Brix en los dulces.....	53
Tabla 14.- Composición químico proximal	54
Tabla 15.- Condiciones de la muestra y del equipo Texturómetro CT3	58
Tabla 16.- Análisis de minerales	60
Tabla 17.- Resultado de análisis microbiológico	61

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.- Metodología implementada	31
Diagrama 2.- Proceso simplificado de elaboración de la fórmula control.....	43
Diagrama 4.- Proceso simplificado de elaboración de la fórmula sin azúcar	51
Diagrama 3.- Proceso simplificado de elaboración de la fórmula reducida en azúcar	50

RESUMEN

La población mundial sin importar sexo y edad están padeciendo problemas de salud a consecuencia de una alimentación desbalanceada, en la mayoría de los casos se presenta una dieta hipercalórica aunado a la falta de actividad física, sin embargo, los consumidores están preocupados por ingerir productos lo menos dañinos posibles. Por tal motivo, la industria alimentaria modifica y/o desarrolla productos que contengan uno o más componentes que ofrezcan beneficios a la salud ya sea previniendo o controlando la afección en el organismo. Tal es el caso de este proyecto donde se desarrolló un dulce gelificado reducido en calorías y otro sin azúcar a base de tejocote con adición exógena de polidextrosa, conteniendo totalmente un 6.85% de fibra soluble, la cual presenta beneficios en el sistema cardiovascular al adsorber grasa, así como de presentar una lenta respuesta postprandial, además de lograr una leve disminución del contenido calórico. A los dulces desarrollados se les determinó el análisis químico proximal, pectina, características fisicoquímicas ($^{\circ}$ Brix y pH) y texturales (dureza y adhesividad), así como el análisis sensorial y microbiológico. Los resultados obtenidos mostraron que si existe una modificación en parámetros sensoriales y texturales, obteniéndose mayor dureza en los dulces reducidos en calorías y sin azúcar con valores promedio de 15.18 N y 15.69 N, respectivamente, a diferencia del valor de 12.21 N en el dulce control. En el análisis sensorial se obtuvo una aceptación del 36.7% para el dulce reducido en calorías y 13.3% para el dulce sin azúcar. Lo que no representa una característica deseada del producto.

PALABRAS CLAVE

Fibra dietética, polidextrosa, alimento funcional, enfermedades crónico-degenerativas, análisis sensorial.

Abstract

The world's population regardless of sex and age are suffering from health problems as a result of an unbalanced diet, In most cases a hypercaloric diet is presented together with the lack of physical activity, however, Consumers are worried about ingesting the least injurious products posible. For this reason, The food industry modifies and / or develops products that contain one or more components that offer health benefits, either by preventing or controlling the disease in the organism. Such is the case of this project where it developed a gelled candy reduced in calories and another sugar-free with tejocote base more the exogenous addition of polydextrose, Containing totally 6.85% soluble fiber, Which has benefits in the cardiovascular system when adsorbing fat, as well as to present a slow postprandial response, in addition to obtain a slight decrease in the caloric content. The developed sweets were determined the proximal chemical analysis, pectin, Physicochemical (° Brix and pH) and textural characteristics (hardness and adhesiveness), as well as sensory and microbiological analysis. The results showed that if there is a modification in sensory and textural parameters, Obtaining greater hardness in the reduced sweets in calories and without sugar with values average of 15.18 N and 15.69 N, respectively as opposed to the value of 12.21 N in sweet control. In the sensorial analysis, an acceptance of 36.7% was obtained for the reduced calorie sweet and 13.3% for the sweet without sugar. What does not represent a desired characteristic of the product.

Capítulo I: Introducción

1.1 Introducción

La alimentación es de gran importancia para el hombre en cualquier etapa de su vida, ya que el tipo y manera en que se alimenta lo describe y representa en gran medida su estado de salud. Nunca será un tema olvidado ya que como indica Concuera de Mancera: “La comida es tal vez el más fundamental de los temas históricos, pues la lucha por la comida es la lucha por la vida” (Concuera de Mancera, 1999).

Sin embargo, en el mundo y particularmente en la región occidente, incluyendo a México, existe un número creciente de defunciones asociadas a las enfermedades crónico-degenerativas, como la diabetes, las afecciones cardio-vasculares, y los diferentes tipos de cáncer, entre otras. Lo anterior derivado por malos hábitos alimentarios y a estilos de vida cada vez más sedentarios (Martinez, 2008).

Al igual que el abuso del consumo de los hidratos de carbono, principalmente los refinados, ha sido relacionado con enfermedades de hipernutrición como el sobrepeso y posteriormente con los diferentes grados de obesidad (Navarro, 2012). El siguiente nivel es la aparición de alguna de las enfermedades antes mencionadas que en conjunto forman el “síndrome metabólico”.

1.2 Descripción del problema

En la actualidad existe una problemática global por un elevado consumo de azúcar en la dieta y el notable incremento en el número de personas diagnosticadas con enfermedades crónico-degenerativas.

Un claro ejemplo de ello es la diabetes mellitus que afecta a 18 millones de personas en Estados Unidos y emerge como un problema de salud mayor en todo el mundo (Anderson, 2002). Así como lo es en México durante el 2011, 70 de cada 100 mil personas murieron por diabetes mellitus (INEGI, 2013).

Un aspecto central para el tratamiento de los factores de riesgo que se relacionan con la diabetes y los lípidos es el consumo de una dieta rica en carbohidratos complejos, fibras y baja en grasas. Aunado a ello la falta de realización de ejercicio, que es el segundo aspecto de importancia para el tratamiento.

Como consecuencia de lo anterior se ha logrado crear una tendencia por parte de los consumidores de mantener una ingesta de productos alimenticios más saludables o lo menos perjudiciales para la salud, esto se puede lograr disminuyendo el consumo en la cantidad de azúcares simples, reduciendo el aporte calórico e incluso adicionando compuestos que pueden desarrollar una función específica en el organismo previniendo ciertas enfermedades y logrando un beneficio en la salud humana.

Así es como la innovación, mejora y diseño de nuevos productos por parte de la industria alimentaria se mantiene en la vanguardia con la modificación y optimización de sus fórmulas originales obteniendo características sensoriales, fisicoquímicas y texturales similares a las del producto inicial, al igual que el desarrollo de nuevos productos que complazcan de una manera u otra las variadas preferencias de quienes los consumen.

1.3 Definición del problema

Dentro de la inmensa variedad de productos alimenticios, este estudio se centrara en el área de la confitería tradicional mexicana específicamente en el dulce gelificado conocido como “Ate” que para su elaboración se basa en una elevada cantidad de sacarosa, pulpa de frutas y un heteropolisacárido llamado pectina. Para lo anterior, se plantea una sustitución parcial o total del carbohidrato simple, para lograrlo se necesitan utilizar componentes que aporten las características funcionales propias de la sacarosa.

El alto contenido de fibra dietética en el producto desarrollado permite reducir la absorción de grasa, sin dejar de lado la sustitución parcial de sacarosa, beneficiando

así a las personas que buscan reducir su ingesta calórica, representando una menor carga post-pandrial.

Combinando una buena ingesta de alimentos con una actividad física moderada se pueden prevenir las enfermedades crónicas degenerativas y en su caso combatirlas con la ayuda de medicamentos especializados.

Existen dos problemas de salud pública que conducen a millones de mexicanos a limitar su consumo de azúcar: la obesidad y la diabetes. El 11% de la población nacional padece diabetes mellitus (la primera causa de muerte en México), esto es, alrededor de 5.5 millones de mexicanos; en tanto que la obesidad afecta a cerca de 54 millones. Es decir, más de 50 millones de mexicanos tienen que cuidar sus niveles de glucosa en la sangre y/o de ingesta de calorías (PROFECO, 2004).

Además, el mercado internacional para dulces y caramelos mexicanos ofrece buenas expectativas, por lo que el desarrollo de formulaciones de productos típicos mexicanos con calorías reducidas, con vitaminas o conteniendo agentes funcionales, son nichos de mercado que pueden ser explotados si se implementan las tecnologías adecuadas para su elaboración (Olguin, 2004).

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Elaborar un dulce de pulpa de tejocote (*Crataegus pubescens*) en forma de cubo gelificado con un alto contenido en fibra soluble y sin la adición de azúcares simples.

1.4.2 Objetivos específicos

- Encontrar la formulación óptima para la elaboración del dulce.
- Evaluar fisicoquímica, sensorial y textural mente el dulce desarrollado.
- Evaluar microbiológicamente la calidad de la materia prima y el producto terminado.

1.5 Justificación

Existe una preocupación de la industria alimentaria por mantener productos cada vez más saludables, con la finalidad de ofrecer al usuario consumidor un alimento que contenga sustancias que ayuden a prevenir enfermedades, particularmente las crónico-degenerativas. Por ello, cada vez es más necesario que los alimentos, bebidas y dulces tradicionales sean adicionados con agentes considerados funcionales. Por lo anterior, se busca partir de la elaboración de dulces con frutos que sean fuente importante de fibra soluble que ayude a reducir la absorción de triglicéridos y colesterol, sin adición de azúcares simples, y de esta manera producir un dulce gelificado bajo en azúcares destinado para las personas que buscan cuidar su entrada de calorías y azúcares, y para el sector con problemas de diabetes, que actualmente en el mercado no se cubre esta necesidad para el tipo de dulces considerados en esta propuesta, que impacte de manera directa en la población del Estado de Michoacán.

1.6 Hipótesis

La fabricación de dulce gelificado conteniendo un alto porcentaje de fibra soluble y reducida en azúcares no afectará las propiedades texturales ni sensoriales del producto final.

Capítulo II: Bases teóricas

2.1 Antecedentes

Los productos de confitería datan desde hace 3,000 años en Egipto, donde existen jeroglíficos que muestran la preparación de dulces. Durante este tiempo, los confites consistían en productos preparados con varias frutas secas, nueces, especias, hierbas y la miel era el principal edulcorante (Olguin, 2004).

Se sabe que los primeros dulces creados, servían a los viajeros para soportar los largos trayectos y proveerse de energía rápidamente, por tener elevada carga calórica.

En la actualidad también es parte de nuestras vidas el consumo de estos productos alimentarios, aunque su ingesta en exceso por los procesos fisiológicos que lleva uno de sus componentes principales tiende a incrementar el riesgo de presentar problemas crónico-degenerativos.

Según la Organización mundial de la salud en 2010, las enfermedades crónicas son de larga duración y por lo general de progresión lenta. Las enfermedades cardíacas, los infartos, el cáncer, las afecciones respiratorias y la diabetes, son las principales causas de mortalidad en el mundo, siendo responsables del 63% de las muertes. En 2008, 36 millones de personas murieron de una enfermedad crónica, de las cuales la mitad era de sexo femenino y el 29% era de menos de 60 años de edad (OMS, 2010).

2.2 Confitería en México

La confitería o tecnología de los productos dulces es un área de la tecnología de alimentos; tales productos son aquellos que tienen como componente básico un edulcorante, principalmente sacarosa; se dividen en dos ramas principales: el confite y el confitado (Olguin, 2004). El primero nos describe al dulce que es hecho de una cocción con jarabe y altas temperaturas; el confitado nos define a un dulce recubierto con una capa de caramelo de azúcar.

En México al decir “DULCE” se abarca un universo de sensaciones y de productos, y se hace referencia a una amplia gama de fenómenos que van desde la naturaleza a la cultura, de las frutas a los postres, pasando por obras de la literatura, musicales, refranes, cuentos y leyendas, las cuales incitan a comer una deliciosa golosina tradicional (Reyes, 1990).

Estos tipos de alimentos se incluyen dentro de los calóricos y por lo tanto un consumo desmedido provoca que la dieta no esté balanceada correctamente.

No obstante, existe la tendencia en los consumidores a saborear estos productos con menos calorías, lo que está abriendo un nuevo mercado a nivel internacional (Olguin, 2004).

El dulce tradicional mexicano es un fenómeno que comenzó a manifestarse hacia los últimos años del siglo XVI y comienzos del XVII; cuando la elaboración y consumo de azúcar se incrementó sustancialmente entre las clases acomodadas, los colonos de la Nueva España sentían especial inclinación por el consumo de alimentos con azúcar, que al ser combinadas con fruta, canela, leche, y pintada con vistosos colores, con la ayuda del calor y amasada en las más bellas formas, fue el ingrediente principal de los postres y dulces regionales (Castro, 2011).

Se destaca lo dicho por Lavín: “El dulce tradicional mexicano nació de la conjunción de la procedencia europea, de los recetarios, las tradiciones españolas, así como de los conocimientos de las indias y las esclavas negras o mulatas tanto en la cocina particular de cada celda como en el espacio común. Estas mujeres encontraron en las preparaciones de dulces, otra manera de dejar su sello particular de mestizaje y descendencia. Es decir, la capacidad o versatilidad del azúcar, y permitió a las monjas inventar variadas golosinas, llenas de texturas, colores y formas” (Lavin, 2010).

Desde épocas antiguas se tiene memoria de la elaboración de dulces que hoy se consideran representativos de México, constancia de ello se hace referencia al pinole, chocolate, la alegría entre otros, que a base de frutas originarias de la gran

Mesoamérica, engrandecerían la tradicional canasta de dulces típicos mexicanos (CONFRUTA, 2014).

Teniendo a los conventos de las ciudades de Morelia, Puebla y Querétaro como los creadores y mayores productores de los dulces regionales mexicanos.

2.3 Ate de Morelia

El Ate de Morelia es una tradición centenaria y patrimonio gastronómico de México. En el año de 1784 llegó a la ciudad de Valladolid, Michoacán el obispo Fray Antonio de San Miguel, quien pronto se familiarizó con los variados platillos y excelentes postres de la región, entre ellos sobresalían las cajetas de frutas, que más tardes se llamarían ates.

El ate cuyo origen es debido al aporte de los árabes a tierras hispanas y que con ingredientes mexicanos se adaptó, pasando de generación en generación, perfeccionándose su sabor y textura con el tiempo, dando además nuevas opciones de sabores en el mismo postre, ya sea de membrillo, guayaba, manzana u otro sabor (Figura 1).

Definición de ate: producto alimenticio obtenido por la cocción de la mezcla de pulpas de fruta (tejocote, membrillo, guayaba, perón u otras) con edulcorantes, que mediante un proceso térmico adquiere firmeza mediante la gelificación de sus ingredientes (CONFRUTA, 2014).



Ilustración 1.- Ate típico moreliano

2.3.1 Clasificación

En los siguientes cuadros se presenta la clasificación del ate entre sus diferentes presentaciones (Tabla 1) y por su composición (Tabla 2).

Tabla 1.- Clasificación de variedades de ates.

Variedades		Característica	Forma	°Brix	pH máximo
1	Fresco	Gel muy firme.	Barras.	≥ 60	4.6
2	Deshidratado	Deshidratación del ate fresco.	Cubos de diferente tamaño.	≥ 70	4.6
3	Laminado	Deshidratación de capa delgada de pasta de ate.	Lámina enrollada y espolvoreada con azúcar.	≥ 70	4.6
4	Extruido	Proviene de molienda y extrusión del ate deshidratado.	Bolas, tablas, paletas.	≥ 70	4.6

Tabla 2.- Clasificación de tipos de ates.

Tipos	
1	Fruta única
2	Frutas mixtas
3	Saborizado
4	Reducido en azúcar

A excepción del ate reducido en azúcar los otros tres deben de contener un mínimo de 40% de fruta al igual que un mínimo de 60% de sacarosa.

2.3.2 Constituyentes del ate comercial

La materia prima y aditivos alimentarios usados deberán cumplir con la normatividad mexicana como lo es (NOM-086-SSA1, 1994). El uso de los aditivos alimentarios se justifica siempre que implique alguna ventaja de tipo tecnológico, nutricional, sensorial o de conservación (COFEPRIS, 2016).

Existen tres grupos relevantes de aditivos alimentarios, el primero incluye a los emulsificantes, estabilizadores, gelificante, reguladores de pH y acidulantes; al segundo pertenecen los colorantes, pigmentos, saborizantes y aromatizantes; por último se encuentra al grupo de conservadores y antioxidantes.

2.3.2.1 Tejocote

El nombre científico del árbol de tejocote es *Crataegus mexicana* ó *Crataegus pubescens*, su fruto es conocido como “tejocote”, nombre que deriva del Náhuatl “texócotl”, que significa fruta ácida y dura (Tukey, 1964), se come crudo, en conserva, jalea o mermelada (Figura 2).

Es un árbol originario de México. Habita en clima templado entre los 1800 y 3000 msnm. Presenta espinas y una altura entre los 4 y 10 m, su fruto de sabor agridulce asemeja una pequeña manzana, con una epidermis homogénea de color amarillo-anaranjada, de 2 a 3 cm de diámetro, semillas cafés y lisas. Este género también es cultivado en Europa, Asia y Centroamérica (Calderón, 1991).



Ilustración 2.- Fruto de tejocote

2.3.2.1.1 Propiedades nutricionales

El tejocote es un fruto donde su porción comestible es del 85%, aportando energéticamente valores próximos a 97 Kcal por cada 100 gramos, presenta baja cantidad de proteínas y lípidos totales, 22% de carbohidratos teniendo a la fructosa como el más abundante y un contenido de fibra dietética de 2.7% expresada como

pectina. Además de una cantidad considerable de minerales como Hierro y Calcio (Muñoz, 2010).

Las hojas, flores, fruto y raíz contienen flavofenos, glúcidos, ácidos orgánicos, pectinas, resinas y taninos. Se han encontrado concentraciones altas de flavonoides como la vitexina y derivados, la quercetina y otros (Tabla 3).

Además de favorecer la flexibilidad de los músculos, la coagulación sanguínea y la transmisión de impulsos nerviosos; contiene vitaminas C y B; es diurético, antiespasmódico y ayuda a controlar la concentración de colesterol en la sangre (SAGARPA, 2015).

A pesar de su gran disponibilidad y propiedades benéficas el tejocote no es bien aprovechado industrialmente. En la Tabla 3 se muestran los diferentes componentes del tejocote, mencionado por (Edwards, 2012).

Tabla 3.-Componente del tejocote

Grupo	Componentes
Azúcares	Glucosa, fructosa, xilosa y sacarosa.
Ácidos	Cítrico, málico, succínico, ascórbico, tartárico.
Ácidos hidroxicinámicos	Ácido cumárico, cafeico, clorogénico.
Flavonoides	Quercetina, vitexina.

2.3.2.1.2 Fibra dietética

La fibra dietética fue considerada en la década de los 90 como un componente inerte y sin importancia nutrimental en los alimentos de consumo humano, pero en los últimos años, su déficit en la dieta ha sido relacionado con muchos problemas médicos: trastornos intestinales, cardiopatías, diabetes y obesidad (Betancur, 2003).

La definición de la American Association of Cereal Chemist (AACC, 2001) dice que: “La fibra dietética total es la parte comestible de los vegetales y carbohidratos que son resistentes a la absorción y digestión en el intestino delgado humano, con una parcial o completa fermentación en el intestino grueso, e incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a los vegetales. Promueve procesos fisiológicos benéficos al ser humano”.

La ingesta diaria recomendada (IDR) de la fibra dietética es de 20-30 g/día.

Entre los componentes que destacan están la celulosa, hemicelulosa, pectinas y lignina, a pesar de este último no ser un hidrato de carbono (Badui, 2006). Estos componentes al no ser metabolizados, pero si fermentados presentan un nulo o bajo aporte calórico, por lo que su consumo en adecuada proporción resulta beneficiosa, aunado a beber un buen volumen de agua, sin embargo, se debe tomar en cuenta el no excederse en la ingesta ya que se pueden presentar efectos adversos en el organismo.

Existe una clasificación con base en la hidratación parcial, que la separa en fibra soluble (FS) y fibra insoluble (FI), las cuales tienen características químicas y efectos fisiológicos distintos.

En la FS la formación del gel se debe a la hidratación parcial, este gel es de elevada viscosidad, provocando movimientos peristálticos lentos, retraso de vaciamiento gástrico, mayor reabsorción de agua, disminución del colesterol en sangre y es fermentada por la microflora del tracto intestinal.

Se incluyen pectinas, gomas, inulinas, mucílagos, alguna hemicelulosa, las cuales se encuentran en las paredes celulares de las plantas.

Por otra parte tenemos la FI, que incluye a la celulosa, alguna hemicelulosa y lignina, responsables de proporcionar estructura a las células de las plantas; tal fibra es fermentada parcialmente, forma un gel de baja viscosidad por lo que es excretada casi íntegramente, aumenta y suaviza la materia fecal, mejora la digestión y disminuye la constipación intestinal.

2.3.2.1.3 Pectina

Los hidratos de carbono son macromoléculas compuestas por Carbono, Hidrógeno y Oxígeno principalmente, algunos contienen Fósforo, Nitrógeno o Azufre. Un tipo de clasificación es con base en su estructura química y/o número de átomos de carbono unidos por enlaces glucosídicos, teniendo así a los monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos (homo y heteropolisacárido).

Dentro de este vasto grupo de macromoléculas se tiene a las sustancias pécticas que son heteropolisacáridos estructurales presentes en las células vegetales, responsables de mantener la integridad de los tejidos vegetales y que al ser ingeridas por los humanos actúan como fibra soluble.

Las unidades fundamentales de las sustancias pécticas son el ácido galacturónico, unidas entre sí por enlaces $\alpha 1-4$, en la cual algunos carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal (Figura 3). Las cadenas de ácido galacturónico están unidas con cadenas laterales de arabinosa, galactosa, ramnosa, xilosa y fructosa (Vries, 2003).

Las sustancias pécticas se encuentran en la mayoría de los vegetales, especialmente en frutos como naranja, toronja, limón, tejocote y manzana, y son los responsables de su textura. Para fines industriales, la fuente de obtención son principalmente las cáscaras de frutos cítricos conteniendo cerca del 25% de sustancias pécticas. La pectina tiene la función de cemento intercelular, estabilizando las microfibrillas de celulosa, así como otras moléculas de proteínas (Annis, 2012).

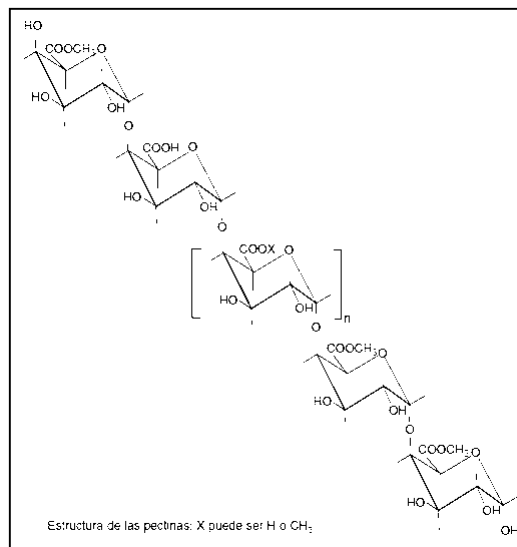


Ilustración 3.- Estructura química de la pectina (Badui, 2006)

Las sustancias pécticas se dividen en:

- **Ácidos pectínicos:** Estos tienen grupos metilo esterificados en algunos de los grupos carboxilo a lo largo del polímero. Si se esterifica más de una pequeña proporción de los grupos carboxilo, se designa como pectina; las cuales pueden formar sales denominados “pectinatos” (Charley, 1990).
- **Pectina:** Son cadenas poligalacturónicos metiladas al 100% e hidrosolubles, es capaz de formar geles cuando se le combina en proporciones adecuadas con azúcar, ácido y agua, se encuentran en frutos maduros (Gracheva, 1982).
- **Ácidos pécticos:** Los grupos carboxilo del ácido galacturónico no están esterificados; forman sales. Estos ácidos se depositan en el tejido de la planta como pectatos de calcio o magnesio (Jenkins, 1979). Se forman a medida que las frutas maduran en exceso.
- **Protopectina:** Es insoluble en agua, se encuentra en los frutos verdes, ayudan a mantener la dureza y firmeza de estos. En las paredes celulares las pectinas se hallan combinadas con celulosa, de la cual pueden separarse por hidrólisis suave u otros medios, transformándose en pectinas solubles o ácidos pécticos (Gracheva, 1982).

La funcionalidad de la pectina depende de varios factores intrínsecos como el peso molecular y del grado de esterificación que presente, y de factores extrínsecos como el pH, presencia de sales y azúcar. Una función clave es el aporte de viscosidad la cual aumenta al tener mayor grado de esterificación.

Tabla 4.- Algunas aplicaciones de la pectina

Algunas aplicaciones de la pectina
Confitería
Elaboración de gelatinas
Industrialización de bebidas
Productos de relleno y glaseado en panificación
Estabilización de productos lácteos

Se ha demostrado que diversos factores alimentarios llevan a niveles altos de lípidos en el suero, perjudicando la salud cardiovascular.

Existen diferentes estudios donde se administraron diariamente por un tiempo determinado distintas cantidades de pectina a personas con elevada concentración de lípidos en suero, logrando al final del tratamiento una reducción significativa de la concentración lipídica; entre estos estudios destaca el de Jenkins et al. en 1979, donde utilizó 36 gramos de pectina durante 3 semanas y obtuvo un 13% en la reducción de colesterol sanguíneo (Jenkins, 1979).

La pectina de alto metoxilo es más eficaz para el tratamiento de dislipidemias, debido a que esta tiene una capacidad de enlace más alta con las lipoproteínas como consecuencia de un mecanismo de interacción hidrofóbica (Golmand, 1990).

Al igual se pudieron observar modificaciones de glucosa e insulina en suero, disminuyendo el tiempo entre 30 y 90 minutos después de cada comida (Jenkins, 1979).

En 1979 se encontró que la pectina provocaba un aumento en el tiempo de vaciamiento gástrico (Golmand, 1990).

Existen datos que sugieren que el efecto de la pectina sobre las respuestas postprandiales de glucosa e insulina en suero se debe al retraso en el vaciamiento gástrico y a la reducción de las tasas de absorción, así facilitando el tratamiento de personas con diabetes mellitus no insulino-dependientes por medio de la dieta (Lewis, 1992).

Adicional a esto la pectina tiene capacidad de ligar los metales pesados, ya que está cargada negativamente y puede atraer iones positivos. Esta afinidad es muy alta para el plomo, seguido por el bario, cadmio y estroncio (Golmand, 1990).

2.3.2.2 Edulcorantes

Los edulcorantes son sustancias capaces de endulzar un alimento o una bebida y constituyen uno de los grupos más importantes de los aditivos alimentarios.

La utilización en los alimentos de los aditivos edulcorantes para sustituir en todo o en parte los azúcares, está justificada en aquellos casos en los que se requiera garantizar la elaboración de productos dietéticos, reducir su valor energético y evitar efectos cariogénicos (Rodríguez, 2008).

Se dividen en tres grupos:

1. Calóricos.- Son azúcares alimenticios, de origen natural, con valor nutritivo, proporcionan 4 kcal/g y un poder edulcorante inferior o cercano a la sacarosa. Se incluyen la fructosa, glucosa, etc. (Navarro, 2012).
Con el aporte energético a la dieta influyen sobre los niveles de insulina y glucosa (NOM-015-SSA2, 1994).
2. No calóricos.- Son edulcorantes intensos, de origen sintético o natural, sin valor nutritivo o valor nutritivo reducido y de poder edulcorante muy superior a la sacarosa.
Incluyen dos subgrupos: a) Químico-sintéticas, como sacarina y acesulfame.
b) Origen vegetal, de naturaleza glicosídica como glicirricina y esteviósido; de naturaleza proteica como taumatinas (Navarro, 2012).

Su aporte energético es mínimo y no afectan los niveles de insulina o glucosa sérica (NOM-015-SSA2, 1994).

3. Polioles.- De origen natural y/o semisintético, con valor nutritivo y bajo poder edulcorante. Tienen efecto texturizante, confiriendo volumen o cuerpo a los alimentos.

Se incluyen manitol, sorbitol, maltitol, lactitol, xilitol e isomaltitol (Navarro, 2012).

Los Polioles se forman a través de hidrólisis parcial y la hidrogenación de los almidones comestibles. Producen una respuesta glucémica menor que la sacarosa y que otros carbohidratos (Anderson, 2002).

Tabla 5.- Clasificación de los edulcorantes con base en sacarosa=1

Clasificación de los edulcorantes		
Compuesto	Energía (Kcal/g)	Poder edulcorante
Edulcorante energéticos (natural o semisintético)		
Glucosa	3.7	0.7
Fructosa	3.7	1.1-1.3
Sacarosa	3.9	1
Maltosa	4	0.5-0.6
Lactosa	4	1.15-0.30
Sorbitol	2.6	0.7
Manitol	1.6	0.4
Lactitol	2	0.3-0.4
Maltitol	2.4	0.9
Edulcorantes no energéticos (sintéticos e intensos)		
Sacarina	0	200-300
Aspartame	4	100-200
Acesulfame potásico	0	100-150

2.3.2.3 Sacarosa

Este disacárido está compuesto por una molécula de glucosa y otra de fructosa (Figura 4). Es el principal edulcorante proveniente de la caña de azúcar y la remolacha. Tiene un aporte calórico de 4 Kcal/g.

Es un azúcar no reductor por el enlace que se produce, es sensible al calor y a los ácidos. Es la principal materia prima en los productos de confitería; ya que aporta propiedades funcionales como lo son características sensoriales, físicas y químicas (Valencia G. F., 2008).

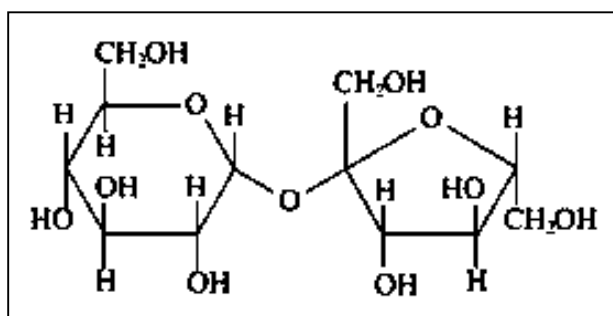


Ilustración 4.-Estructura química de la sacarosa
(Mckee, 2003)

Presenta diversas características entre las que destacan su alta solubilidad en agua, cristalización, caramelización, alta higroscopicidad, y capacidad de ser invertido, dando como resultado partes iguales de glucosa y fructosa, debido al cambio de rotación a la izquierda de la molécula. Depende de factores como pH, temperatura, tiempo de cocción, tamaño de moléculas en la solución, entre otros. Dichas propiedades son importantes en la industria confitera ya que influye directamente en la vida de anaquel y propiedades sensoriales de los productos (Ramírez, 2011).

2.3.2.4 Acidulante

La mayor parte de los acidulantes y reguladores de pH que se emplean en la tecnología confitera, son sustancias orgánicas, y en conjunto con algunos compuestos inorgánicos que también forman parte de los aditivos alimentarios; así, se ubican en el grupo de compuestos caracterizados por mantener, mejorar o modificar la acidez o alcalinidad de un alimento y cumplen en muchas ocasiones

con algún propósito: actuar como saborizantes, secuestrantes de metales retardando el proceso de oxidación, amortiguadores de pH, inhiben reacciones de oscurecimiento e incluso como conservadores.

Entre los más importantes se pueden encontrar a los siguientes ácidos: cítrico, málico, tartárico, láctico, fumárico y ascórbico. La mayoría son higroscópicos y solubles en agua a excepción del fumárico (Ramírez, 2011).

2.3.2.4.1 Ácido cítrico

El nombre químico del ácido cítrico es ácido 2-hidroxi-1, 2,3- propanotricarboxílico. Es el más extendido de los ácidos tanto en el reino animal como en el vegetal. Se encuentra principalmente en guayaba, limón, piña y fresa (Figura 5).

Tabla 6.- Propiedades generales del ácido cítrico

Ácido	Fórmula química	Proceso De Obtención	Peso Molecular (g/mol)	Peso equivalente	Valores De pKa	Punto De Fusión °C	Velocidad De inversión	pH en solución (25°C) % (m/v)	pH	Solubilidad a 25°C (g/100ml de agua)
Ácido Cítrico Anhidro	C ₆ H ₈ O ₇	Biológico	192.13	64.04	pKa1=3.13 pKa2=4.76 pKa3=6.39	153	0.68	1	2.3	146

Usos

Cumple diversas funciones, como promover la actividad de varios antioxidantes, actuando como sinérgico. Se utiliza principalmente como regulador de la acidez y actúa como agente secuestrante de iones metálicos para dar protección contra el desarrollo de sabores y olores extraños. Incrementa la capacidad gelificante, disminuye el oscurecimiento enzimático, permite retardar la recristalización del azúcar.

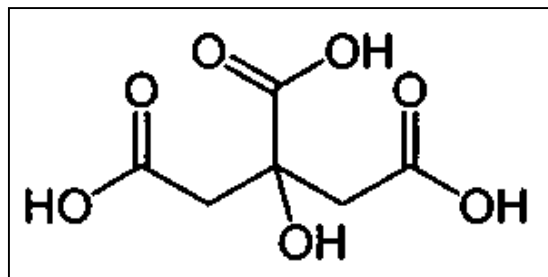


Ilustración 5.-Estructura química del ácido cítrico (Ramírez, 2011)

2.3.2.5 Conservador

Un aditivo conservador se define en la legislación mexicana como “la sustancia o mezcla de sustancias que previene, retarda o detiene la fermentación, el enmohecimiento, la putrefacción, acidificación u otra alteración de los productos causada por algunos microorganismos y por algunas enzimas” (COFEPRIS, 2016).

Los productos de confitería presentan baja actividad de agua (a_w) y alta concentración de sacarosa, por ello, el uso de conservadores no es necesario. De considerarse conveniente el uso se recomienda la aplicación de alguno de los siguientes: benzoato de sodio, sorbato de potasio y propionato de sodio.

2.3.2.5.1 Benzoato de sodio

Esta sal sódica deriva del ácido benzoico. Su presentación comercial se caracteriza por ser un polvo a granular o cristalino de color blanco, inodoro (Figura 6). Es parcialmente soluble en agua y en concentraciones permitidas no es tóxico para humanos.

Uso

Es el conservador más usado, ya que presenta un amplio espectro de acción sobre microorganismos, sobre hongos y levaduras y en menor grado en bacterias.

La dosis de empleo es de 0.05 a 0.15% está limitada por el resabio picante y metálico que deja. Su efectividad aumenta con pH bajo (Ramírez, 2011).

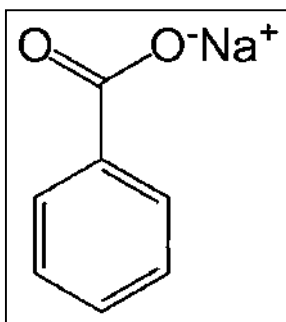


Ilustración 6.-
Estructura química del
benzoato de sodio
(Charley, 1990)

2.3.2.6 Colorantes

El color de un alimento representa un elemento clave en la aceptación de cualquier consumidor. Los requerimientos, en cuanto a variedad de colores, son muy amplios, ya que es necesario proporcionar a los consumidores las mejores asociaciones entre lo que puedan observar y los sabores que puedan encontrar.

Sólo deben utilizarse los legalmente permitidos, atendiendo los niveles autorizados para su uso en cada país.

Deben cumplir ciertas funciones; además, deben ser estables a la luz, a los medios ácidos, a agentes reductores y a las altas temperaturas.

Se clasifican en colorantes naturales (orgánicos e inorgánicos) y sintéticos (Ramírez, 2011).

2.3.2.7 Saborizante, saboreador y aromatizante

Se define como la sustancia o mezclas de sustancias de origen natural, las idénticas a las naturales y las sintéticas artificiales, con o sin diluyentes, agregados o no de otros aditivos que se utilizan para proporcionar o intensificar el sabor o aroma de los productos (COFEPRIS, 2016).

Se pueden clasificar en su capacidad de solubilización en liposolubles e hidrosolubles; como también en su estado físico de su presentación: líquidos, emulsiones, polvos, gránulos, pastas y encapsulados.

2.4 Alimentos reducidos y sin azúcar

Estos tipos de alimentos deben de cumplir con las especificaciones mencionadas en la NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.

Las ciencias médico-biológicas comprueban día a día la correlación que existe entre la salud y la alimentación; debido a esto en nuestros tiempos se elaboran en grandes cantidades alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición por disminución, eliminación o adición de nutrimentos con la finalidad de contribuir a evitar deficiencias y prevenir excesos perjudiciales para la salud. Como consecuencia se hace necesario establecer las especificaciones nutrimentales a que deben sujetarse dichos productos, unificando sus denominaciones y orientando al consumidor sobre sus características.

Los productos con menor contenido de azúcar son aquellos a los que se les ha reducido parcial o totalmente el azúcar, denominándose de acuerdo a lo siguiente:

- Producto sin azúcar: su contenido de azúcar es menor a 0.5 g/porción.
- Producto reducido en azúcar: el contenido de azúcar se ha reducido por lo menos en un 25% del contenido del alimento original o de su similar (NOM-086-SSA1, 1994).

2.5 Constituyentes de un ate con reducción o eliminación de azúcar

En la búsqueda de sustancias sustitutas de la sacarosa, estas deben presentar las características generales siguientes: sabor y propiedades funcionales semejantes sin gustos anómalos desagradables, nulo o menor aporte calórico que el azúcar, no ser cariogénicos y que su metabolización se realice por vías normales o incluso sin ser metabolizadas, no ser inductoras de manifestaciones toxicológicas, y ser

estables químicamente en el alimento durante el tratamiento y almacenamiento (Navarro, 2012).

2.5.1 Fructosa

La fructosa como componente natural de los alimentos es más dulce que otros azúcares y se metaboliza sin el empleo de insulina, por lo que produce una hiperglucemia menor (Figura 7). La sustitución de fructosa por sacarosa o glucosa disminuye los niveles promedio de glucosa en sangre al producir una respuesta glucémica que equivale a 20 y 33%, respectivamente (Anderson, 2002).

La fructosa se caracteriza por ser el más higroscópico de los monosacáridos. Es utilizado en confitería con la intención de incrementar su poder endulzante, inhibir la cristalización y generar un efecto humectante. En productos de confitería se pueden encontrar valores de entre 2 y 5% con relación el peso total de la formulación (Ramírez, 2011).

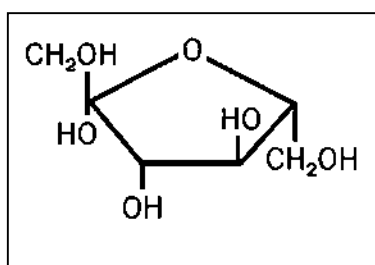


Ilustración 7.- Estructura química de la fructosa (Charley, 1990)

2.5.2 Polidextrosa

La polidextrosa pertenece a los carbohidratos, es un polímero de la dextrosa, contiene pequeñas cantidades de sorbitol y ácido cítrico, está constituido en un 90% de fibra soluble, por ende es considerado como prebiótico, el mismo que no es absorbido por el cuerpo humano (Figura 8). Además, brinda un bajo aporte calórico 1 Kcal/g aunado a su alta solubilidad en agua (80g/100ml) (Danisco, 2005). Por su composición química, algunas de sus propiedades funcionales son: cuerpo, textura y favorece las reacciones de Maillard (Valencia G. F., 2008).

La polidextrosa actúa como fibra soluble en el organismo humano, de manera similar a la inulina, fructooligosacáridos y más oligosacáridos resistentes a la hidrólisis enzimática, por lo tanto provee varios beneficios a la salud

Ejerce en el organismo varios beneficios entre los que destacan:

- Estimular la actividad peristáltica intestinal.
- Alimentar la flora bacteriana intestinal benéfica.
- Genera ácidos grasos de cadena corta.

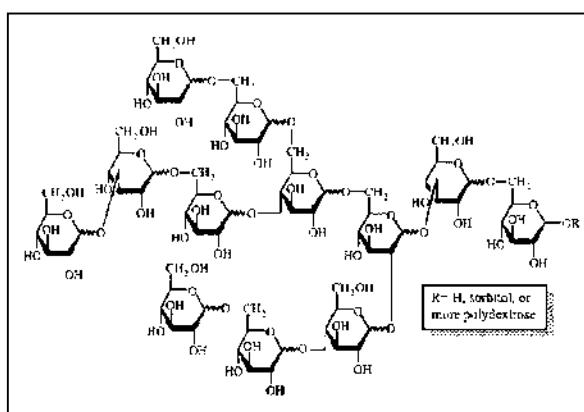


Ilustración 8.- Estructura química de la polidextrosa (Danisco, 2005)

2.5.3 Maltitol

Se absorben lenta e incompletamente en el intestino, se emplea como sustituto de azúcar ya que proporcionan menos energía por su lenta absorción y su consumo en exceso puede provocar diarrea (Badui, 2006).

2.6 Desarrollo de alimentos funcionales

El alimento es una mezcla compleja de productos químicos que provee nutrimentos esenciales, las calorías que se requieren y otros constituyentes con actividad fisiológica necesarios para la vida y la salud (Wang, 2002). Sin embargo, el consumo de dietas hipercalóricas, con elevados lípidos y una vida sedentaria, llevan a un desbalance en la salud. Actualmente la prevención de enfermedades crónicas es un tema de interés en la salud pública, la investigación y tecnología; por lo que el

desarrollo de nuevos productos o modificación de fórmulas con la adición de sustancias funcionales o disminución del aporte calórico tienen un rol importante en la industria alimentaria, logrando efectos benéficos en el consumidor que prevenga, cuide y mantenga su salud.

Los alimentos funcionales, son diseñados especialmente con componentes que pueden afectar funciones del organismo de manera específica y positiva, promoviendo un efecto fisiológico sin importar su valor nutritivo. Siempre enfatizando la importancia de una alimentación completa y saludable (Olagnero, 2007).

El instituto de Medicina de la U.S. National Academy of Sciences define a los alimentos funcionales como aquellos productos con potencial saludable que incluyen cualquier alimento o ingrediente alimentario modificado que ofrezca beneficio a la salud más allá de los nutrimentos tradicionales que los contiene.

Un punto clave en el desarrollo de este tipo de alimentos es el de mantener la calidad y características organolépticas; Sin embargo, los consumidores están dejando a un lado los atributos sensoriales ya que les importa más el obtener un beneficio a su salud.

Dentro de las sustancias que pueden ser consideradas como funcionales y que además de estar presentes naturalmente en gran cantidad en los alimentos o pueden ser añadidos exógenamente tenemos a la fibra dietética, prebióticos, probióticos, antioxidantes, vitaminas, minerales, y ácidos grasos de cadena corta entre otras más.

2.7 Evaluación sensorial

El análisis sensorial de un alimento es en parte subjetiva ya que consiste en evaluar las propiedades organolépticas de los productos, es decir, todo lo que se puede percibir por los sentidos humanos y así determinar su aceptación por el consumidor. Se puede usar para el control de la calidad del producto final o durante la etapa de desarrollo para determinar la aceptación que pudiera o no tener (Figura 9).

El diseño experimental debe respetarse para evitar errores psicológicos vinculados con la presentación de muestras que serán evaluadas; el lugar apropiado, la forma de presentar y preparar las muestras y frascos codificados.

Lo que se pretende analizar sensorialmente en este estudio, es en un dulce gelificado su dureza y dulzor ya que al eliminar parte de la sacarosa, el producto tiende a ser más duro, y este atributo es calificado directamente por panelistas no entrenados, además se determina cuantitativamente con el modelo de Texturómetro CT3 de Brookfield Engineering Labs. Inc.

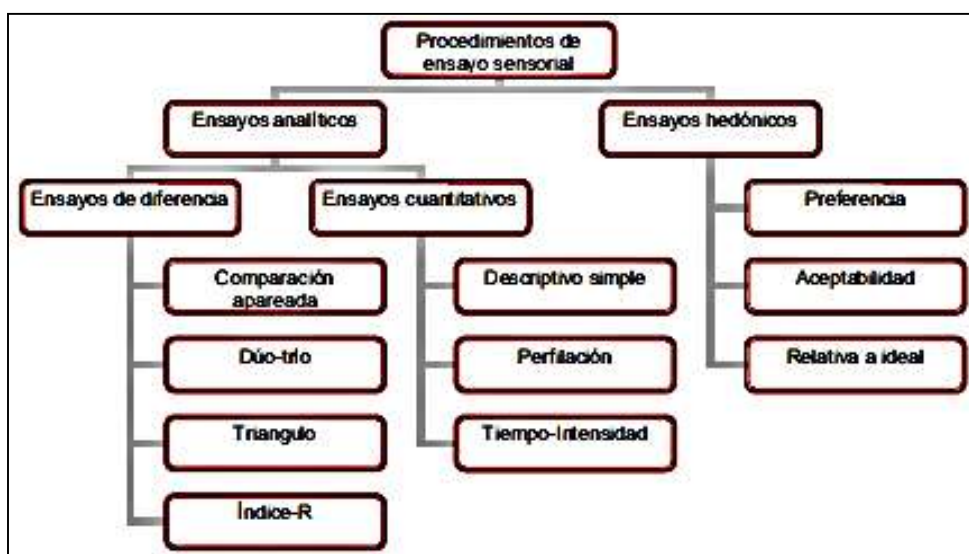


Ilustración 9.- Tipos de análisis sensorial

Capítulo III: Materiales y Métodos

El siguiente diagrama representa la metodología implementada para la elaboración de ate y los análisis realizados en este proyecto de investigación.

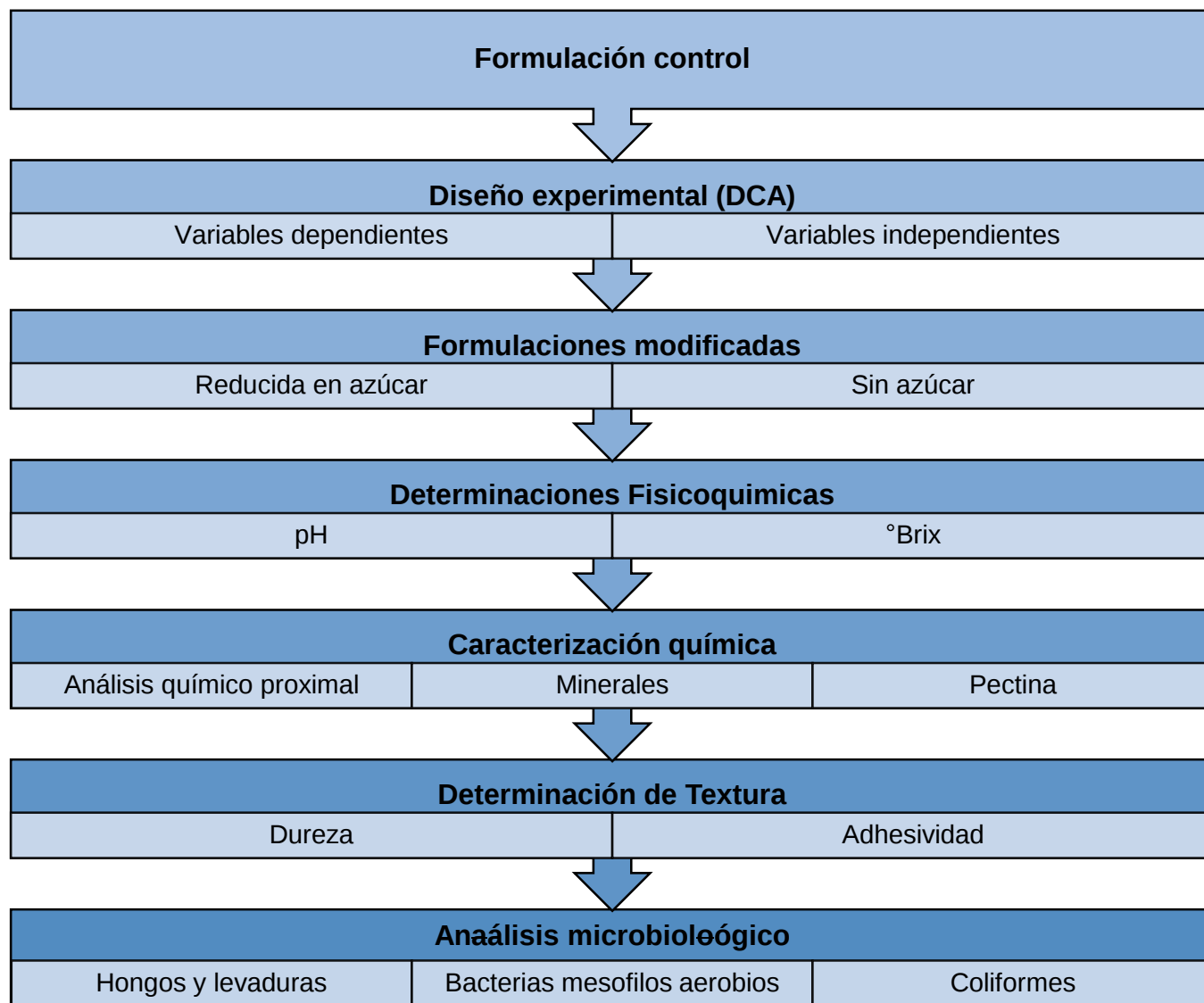


Diagrama 1.- Metodología implementada.

3.1 Materiales

La materia prima, edulcorantes y aditivos fueron provistos por la empresa Morelia Business Center S.A. de C.V. con marca comercial “Moreliates”, ubicada en avenida solidaridad # 50 en Morelia, Michoacán, México.

3.1.1 Pulpa de frutas

Se usó pulpa de tejocote y perón de la empresa Mormen, S.A. de C.V. ubicada en Morelia, Michoacán, México.

3.1.2 Edulcorantes

Se incluye el azúcar común, cristales de fructosa y maltitol de la compañía Tate & Lyle de México, S. de R.L. de C.V.

3.1.3 Polidextrosa

Se utilizó polidextrosa de la compañía Tate & Lyle de México, S. de R.L. de C.V.

3.1.4 Aditivos

Tales como ácido cítrico y benzoato de sodio, provenientes de la distribuidora y convertidora industrial (dicoisa). El rojo 40 y saborizante de tamarindo de la compañía Bell Flavors & Fragrances.

3.2 Metodología

El dulce elaborado en este proyecto de investigación constó de dos etapas. En la primera de ellas se determinaron las variables independientes y dependientes realizando un experimento con diseño completamente al azar, se desarrolló la fórmula comercial que adelante se denominará fórmula control, en la cual se sustituyó la concentración de sacarosa por povidexrosa y fructosa, a las formulaciones obtenidas se les realizó una evaluación sensorial para conocer el grado de aceptación en atributos de dureza, dulzor y amargor. De este experimento se seleccionó el mejor tratamiento, y se partió para hacer la segunda etapa, la cual consistió en variar el tipo y concentración de edulcorantes, así como es el mejoramiento de la fórmula con la adición de chile y saborizado a tamarindo. A estos tratamientos se les realizó nuevamente un análisis sensorial comparándolos con una evaluación en el equipo de textura para determinar cuál tratamiento es el mejor aceptado.

A continuación se describen las etapas.

3.2.1 Etapa I.

3.2.1.1 Determinación de variables independientes y dependientes

Para el desarrollo del dulce gelificado a partir de pulpa de tejocote y perón con un aporte calórico reducido, de textura menos dura y características sensoriales homólogas al de control fue necesario determinar las variables involucradas en estos parámetros a evaluar, por lo que se realizó un experimento con diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial desbalanceado de 3 x 2.

3.2.1.2 Elaboración de fórmula control

La fórmula control se elaboró con la formulación base propuesta por la empresa Moreliates a la cual se le modificó el tipo de colorante acondicionado con la adición

de chile guajillo, sal y saborizado a tamarindo; siguiendo el proceso mostrado en el Diagrama 2, usando el equipo del laboratorio de control de calidad de la empresa.

3.2.1.3 Procedimiento de elaboración

El proceso de elaboración del ate se siguió de acuerdo con la formulación base desarrollada en la empresa Moreliates, manteniendo las buenas prácticas de fabricación y especificaciones (NOM-086-SSA1, 1994).

3.2.1.4 Estandarización de cantidad de edulcorantes

Para estandarizar las cantidades de edulcorantes se experimentó con formulaciones que contenían 3 niveles de fructosa 10%,15% y 20%, así como 2 niveles de polidextrosa 50% y 100% considerando la ficha técnica y las recomendaciones del proveedor, conservando en un mismo porcentaje la adición de sacarosa.

El resultado obtenido no fue el deseado; por lo que se decidió realizar nuevas pruebas con disminución de la cantidad de polidextrosa. Se seleccionó al tratamiento que presento mejores valores en las mediciones de las variables de respuesta como son parámetros texturales y sensoriales, para continuar mejorando esta formulación y llegar a la final.

Con base en el resultado se realizaron seis formulaciones, seleccionando al tratamiento que presento mejores valores en las mediciones de las variables de respuesta como fueron parámetros texturales y sensoriales, para seguir mejorando esta formulación y llegar a la final.

3.2.1.5 Determinación de sólidos solubles y pH

La determinación de sólidos solubles se llevó a cabo por el método descrito NMX-F-103-1982: Determinación de grados Brix. (NMX-F-103, 1982).

La determinación de pH en los dulces debe cumplir con lo que señala la NMX-F-317-S-1978: Determinación de pH en alimentos (NMX-F-317-S, 1978).

3.2.1.6 Evaluación sensorial

Los dulces desarrollados fueron evaluados sensorialmente por 30 panelistas no entrenados, se usó una prueba de preferencia evaluando tres atributos: dureza, dulzor y amargor; así como una evaluación en escala hedónica (1-9). Al panelista le fueron ofrecidas tres muestras codificadas con números al azar, una hoja con indicaciones y espacio para escribir resultados. También fueron provistos con galletas de sabor neutro y agua para la eliminación del sabor, se indicó comer un trozo de galleta y enjuagar la boca con agua entre cada degustación.

3.3 Etapa II

Durante esta etapa del proyecto ya con el mejor tratamiento y estandarizadas las cantidades de edulcorantes, así como teniendo la fórmula control; se realizaron modificaciones en las variables independientes desarrollando nuevos experimentos con el objetivo de obtener dos fórmulas finales, una de ellas reducida en azúcar y la otra con una sustitución total de azúcar, las cuales fueron evaluadas y comparadas subjetivamente con el tratamiento control, a través de un análisis sensorial llevado a cabo con panelistas no entrenados y objetivamente en los parámetros de dureza y adhesividad con el equipo Texturómetro CT3 de la marca Brookfield Engineering Labs. Inc. También fue determinada su composición química además de la inclusión de la determinación de minerales, cuantificación de fibra soluble representada como pectina, el análisis microbiológico del dulce y de la materia prima.

3.3.1 Elaboración de fórmulas: 1) Reducida en azúcar y 2) Sin azúcar

Para estos tratamientos se experimentó con las cantidades estandarizadas de edulcorantes, sin embargo, se demostró que la adición del 10% de fructosa disminuía la calidad del producto, esto relacionado a su elevada higroscopicidad, por lo que se decidió disminuirla al 5% en los tratamientos posteriores.

3.3.1.1 Reducido en azúcar

Este tipo de producto se logró con la sustitución parcial del edulcorante principal por edulcorantes seleccionados que aportarán las características homólogas a la sacarosa, como fueron polidextrosa y fructosa. El proceso de elaboración es representado en el Diagrama 3.

3.3.1.2 Sin azúcar

Para obtener este tipo de tratamiento se sustituye la cantidad propuesta de azúcar de igual manera por edulcorantes que aporten características funcionales de la sacarosa, en este caso fueron el maltitol, manteniendo las cantidades de polidextrosa y fructosa. El proceso de elaboración se presenta en el diagrama 4.

3.3.1.3. Proceso de elaboración de fórmulas reducida y sin azúcar

El proceso de elaboración del ate se siguió con base en la formulación original desarrollada en la empresa Moreliates. Este tipo de productos deberán cumplir con la NOM-086-SSA1-1994 y la NOM-130-SSA1-1995, manteniendo las buenas prácticas de fabricación.

3.3.2 Análisis sensorial

El análisis sensorial en esta etapa fue igual que en la anterior etapa.

3.3.3 Determinación de sólidos solubles y pH

La medición de sólidos solubles y pH se llevaron a cabo con base en las NMX antes mencionadas.

3.4 Determinación de las características químicas

3.4.1 Análisis químico proximal

Se hicieron las mediciones de humedad, cenizas, proteína, lípidos, carbohidratos por los métodos propuestos por la (AACC, 2001) en el dulce gelificado.

3.4.2 Determinación de pectina

Se realizó la cuantificación de pectina con base en la norma NMX-F-347-S-1980 frutas y derivados. Determinación de pectina. Fruits and derivatives. Determination of pectine. Normas mexicanas. Dirección general de normas (NMX-F-347-S, 1980). Esta determinación de pectina se basa en una eliminación lenta y controlada del material no distinguido como fibra, con una acidificación y precipitación de pectina. La cuantificación se lleva a cabo por diferencia de pesos del papel filtro.

3.4.3 Determinación de características texturales

Se realizaron pruebas de comparación de textura entre el dulce control, reducido en azúcar y sin azúcar. Fueron determinados los atributos de dureza y adhesividad con el equipo Texturómetro CT3 de la marca Brookfield Engineering Labs. Inc. (Figura 10). El valor de pico máximo de la curva fue considerado como la firmeza del producto, y fue expresado en Newton (N).

Para la dureza y adhesividad se midió con el aditamento TA-RT-KIT.



**Ilustración 10.-Texturómetro CT3 y
aditamento TA-RT-KIT**

3.4.4 Determinación de minerales

Esta determinación se llevó a cabo por espectrometría de absorción atómica utilizando el equipo modelo 4100 MP AES de la marca Agilent Technologies. La técnica consiste en una digestión con HNO_3 a una temperatura de 160°C por 2 días y para la medición se realizaron diluciones 1:10, 1:100, 1:1000. Los metales determinados fueron el Calcio, Hierro y Plomo.

3.4.5 Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos son un punto clave en el producto terminado, materia prima y material de empaque ya que debe representar total inocuidad, así como llevar a cabo unas buenas prácticas de manufactura. Se evaluaron a bacterias aerobias, coliformes totales, mohos y levaduras siguiendo las normas mexicanas correspondientes.

- NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras en alimentos para su análisis microbiológico (NOM-110-SSA1, 1994).

- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa (NOM-092-SSA1, 1994).
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos (NOM-111-SSA1, 1994).
- NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa (NOM-113-SSA1, 1994).

Capítulo IV: Resultados y Análisis de Resultados

4.1 Etapa I

4.1.1 Determinación de variables independientes y dependientes

En la Tabla 7 se muestran las variables experimentales seleccionadas para realizar un diseño experimental completamente al azar.

Tabla 7.- Variables experimentales

<u>Variables independientes</u>	<u>Variables dependientes</u>
Azúcar	Textura
Polidextrosa	Características sensoriales
Fructosa	

4.1.2 Elaboración fórmula control

Con base en la formulación proporcionada por Moreliates, así como a la realización del acondicionamiento del nuevo sabor y adición de chile, el mejor tratamiento se presenta a continuación (ver Tabla 8 y Figura 11):

Tabla 8- Fórmula control

Pulpa de tejocote	39.0
Pulpa de perón	10.0
Azúcar	48.0
Ácido cítrico	0.2
Chile guajillo	1.4
Sal	1.4
Benzoato de sodio	0.1
Colorante rojo	0.06
Saborizante	0.2
Total	100.0



Ilustración 11.-Ate control deshidratado

4.1.2.1 Proceso de elaboración

Con base en el proceso propuesto por Moreliates que se describe a continuación y al que se muestra en un diagrama simplificado del proceso, se desarrolló el dulce control.

Procedimiento:

4.1.2.1.1 Mezclado

Se pesaron todos los componentes de la fórmula, posteriormente en un recipiente de teflón se adicionaron la sacarosa, la pulpa de tejocote y de perón, con la ayuda de una pala de plástico se mezcló hasta una completa homogenización, y se añadió el chile guajillo junto con la sal y se homogeneizó.

4.1.2.1.2 Cocción

La mezcla se sometió a ebullición durante 25-30 min con agitación constante, cuidando la temperatura (90 °C) para evitar inversión de azúcar y/o inactivar pectina, para eliminar el agua excedente y alcanzar la concentración de sólidos solubles necesaria (60-65 °Brix).

Se adicionaron todos los aditivos cumpliendo las dosificaciones mencionadas en la tabla de formulación. Se agitó por 5 min y se bajó la intensidad de fuego (50-60°C).

4.1.2.1.3 Vaciado

La “Pasta líquida de Ate” se vació en un molde para llevar a cabo el enfriamiento (16-24 h) y posterior gelificación.

4.1.2.1.4 Desmoldado y corte

Transcurrido el tiempo de enfriamiento se desmoldó el ate, según fuera el caso, el ate se mantenía en barra si era fresco o cortado en cubos si fuera deshidratado.

4.1.2.1.5 Deshidratado

El ate cortado fue colocado en horno de aire caliente, hasta lograr las características sensoriales y grados Brix necesarios.

4.1.2.1.6 Escarchado

Paso realizado en el bombo, donde el ate fue espolvoreado con una mezcla de azúcar, chile, sal y ácido.

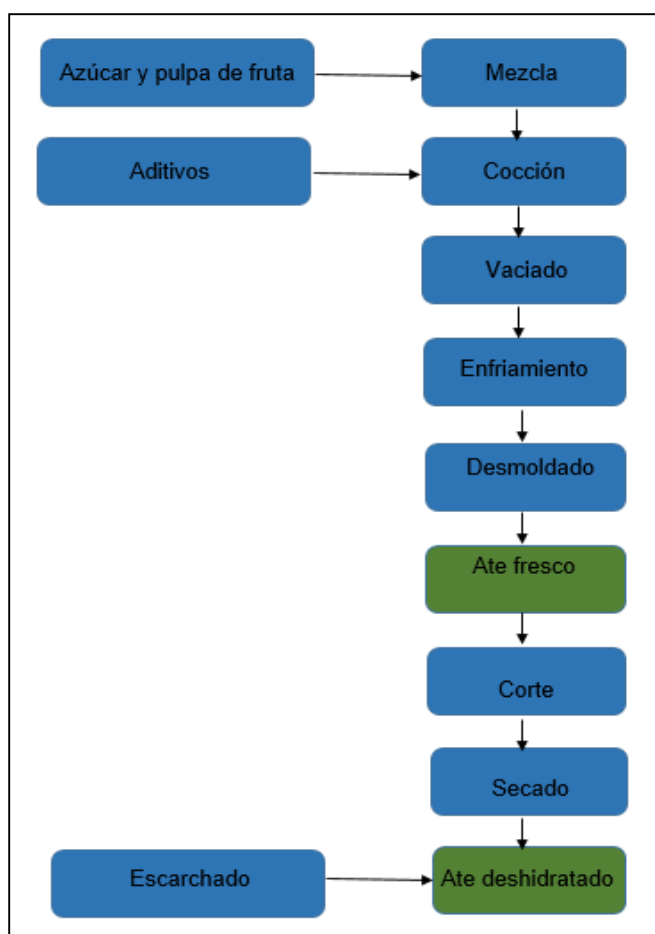


Diagrama 2.- Proceso simplificado de elaboración de la fórmula control.

4.1.3 Estandarización de cantidad de edulcorantes

Con los tres niveles de fructosa, 10%, 15%, 20% y dos niveles de povidex, 50% y 100%, manteniendo igual cantidad de sacarosa se realizaron formulaciones donde el mejor tratamiento (Tabla 9), no obtuvo buenos resultados ya que presentó pegajosidad al tacto, dureza elevada y poca fuerza de gel, incluso llegando a romperse sin la aplicación de una fuerza externa (Figura 12); por lo que se decidió realizar nuevas pruebas con disminución de la cantidad de povidex.

Con base en el resultado se realizaron seis formulaciones, seleccionando al tratamiento que presentó mejores valores en las mediciones de las variables de respuesta como fueron los parámetros texturales y sensoriales, para seguir mejorando esta formulación y llegar a la final (Tabla 10).

Tabla 9.- Fórmula base y modificada

Componente	Fórmula base	Fórmula reducida en azúcar
	Gramos	Gramos
Pulpa de tejocote	41.93	37.98
Pulpa de perón	13.99	12.69
Azúcar	43.72	20.01
Fructosa	0.0	9.05
Povidex	0.0	20.01
Ácido cítrico	0.17	0.09
Óxido de titanio	0.03	0.03
Benzoato de sodio	0.10	0.09
Colorante verde	0.06	0.05
Total	100.0	100.0



Ilustración 12.- Ate preliminar reducido en azúcar

Tabla 10.- Tratamientos modificados en cantidad de azúcar

Componente	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	Gramos	Gramos	Gramos	Gramos	Gramos	Gramos
Pulpa de tejocote	45.21	42.40	39.58	51.5	48.6	45.7
Pulpa de perón	9.85	9.23	8.62	11.2	10.6	10.0
Azúcar	24.61	23.09	21.55	26.9	25.4	23.9
Polidextrosa	10.04	15.01	20.0	10.0	15.0	20.0
Fructosa	10.0	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0
Ácido cítrico	0.1	0.09	0.09	0.2	0.2	0.2
Bióxido de titanio	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Benzoato de sodio	0.1	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1
Colorante verde	0.06	0.06	0.05	0.1	0.1	0.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

4.1.4 Evaluación sensorial

Los seis tratamientos fueron evaluados en dureza, dulzor y amargor por 25 panelistas no entrenados, usando la prueba de preferencia, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 13. Se encontró que la formulación P1, conteniendo 25% de sacarosa, 10% de polidextrosa y 10% de fructosa resulto ser la más suave, dulce

y menos amarga. Este tratamiento fue seleccionado para seguir modificándolo y obtener los tratamientos reducido en calorías y sin sacarosa.

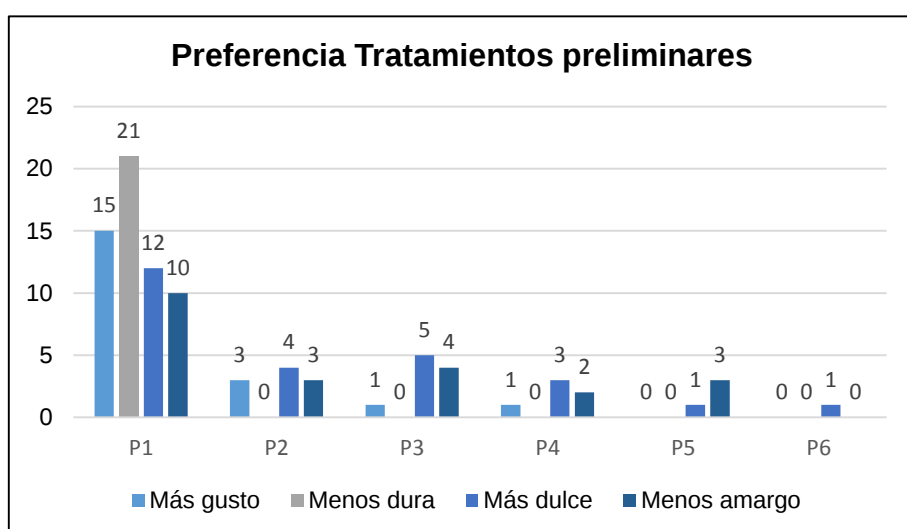


Ilustración 13.- Preferencia tratamientos preliminares

4.2 Etapa II

4.2.1 Elaboración de fórmulas: 1) Reducido en sacarosa y 2) Sin sacarosa

4.2.1.1 Reducido en sacarosa

Con base en las formulaciones preliminares se obtuvo la siguiente formulación (Tabla 11). El proceso de elaboración se presenta en el diagrama 3. Ver figura 14.

Tabla 11.- Reducido en azúcar

Componente	Gramos
Pulpa de tejocote	40.0
Pulpa de perón	10.0
Azúcar	23.0
Polidextrosa	10.0
Fructosa	5.0
Ácido cítrico	0.2
Chile guajillo	1.5
Sal	1.5
Colorante rojo	0.04
Saborizante	0.2
Benzoato de sodio	0.04
Agua	8.5
Total	100.0



Ilustración 14.- Ate reducido en azúcar deshidratado

4.2.1.2 Sin sacarosa

Este tratamiento es fundamentado con las formulaciones preliminares, con la sustitución total del azúcar por maltitol. Manteniendo las cantidades de polidextrosa y fructosa (Tabla 12). El proceso de elaboración se presenta en el diagrama 4. Ver Figura 15.

Tabla 11.- Ate sin sacarosa

Componente	Gramos
Pulpa de tejocote	40.0
Pulpa de perón	10.0
Maltitol	23.0
Polidextrosa	10.0



Fructosa	5.0
Ácido cítrico	0.2
Chile guajillo	1.5
Sal	1.5
Colorante rojo	0.04
Saborizante	0.2
Benzoato de sodio	0.04
Agua	8.5
Total	100.0

Ilustración 15.- Ate sin azúcar deshidratado

4.2.1.3 Proceso de elaboración de fórmulas modificadas

A continuación se describe el procedimiento para el desarrollo de estos productos, también se muestra el proceso simplificado en los diagramas 3 y 4.

4.2.1.3.1 Mezclado

Se pesaron todos los componentes de la fórmula, posteriormente en un recipiente de teflón se adicionaron el maltitol (formulación sin azúcar) o la porción de sacarosa (formulación Reducido en azúcar) según fuera el caso, la pulpa de tejocote y perón, con la ayuda de una pala de plástico se mezcló hasta completa homogenización, se añadió el chile guajillo junto con la sal y se homogeneizó.

4.2.1.3.2 Cocción

La mezcla se sometió a ebullición durante 25-30 min con constante agitación, se cuidó la temperatura (90 °C) para evitar inversión de azúcar y/o inactivar pectina para eliminar el agua excedente y alcanzar la concentración de sólidos solubles necesaria (58-60 °Brix).

Se diluyó y adicionó la povidona con la mitad de agua mencionada en la formulación, con agitación constante.

La adición de todos los aditivos se realizó cumpliendo las dosificaciones mencionadas en la tabla de formulación. Se agitó durante 5 min y se añadieron los cristales de fructosa, y se bajó la intensidad del fuego (50-60°C).

4.2.1.3.3 Vaciado

Se siguió igual proceso que en la fórmula control.

4.2.1.3.4 Desmoldado y corte

Se siguió igual proceso que en la fórmula control.

4.2.1.3.5 Deshidratado

Se siguió igual proceso que en la fórmula control.

4.2.1.3.6 Escarchado

Se siguió igual proceso que en la fórmula control.

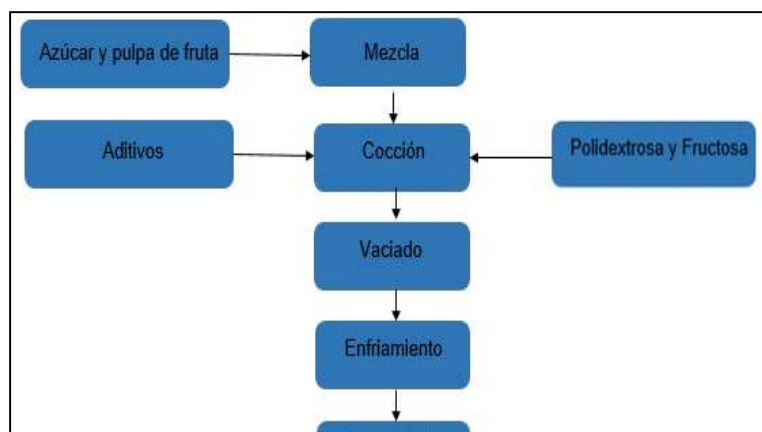


Diagrama 3.- Proceso simplificado de elaboración de la fórmula reducida en azúcar.

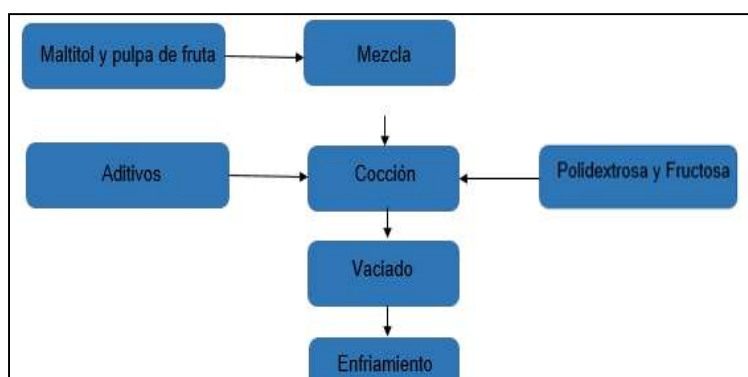
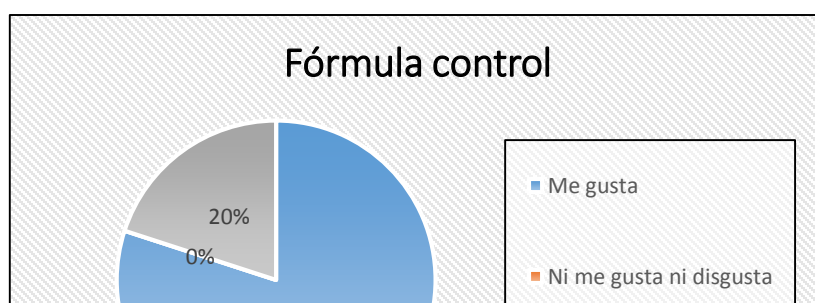


Diagrama 4.- Proceso simplificado de elaboración de la fórmula sin azúcar.

4.2.2 Análisis sensorial

Todos los productos fueron evaluados sensorialmente con panelistas no entrenados. Los productos que no tuvieron la aceptación esperada fueron debido a la mayor dureza del producto (Figuras 16, 17 y 18).



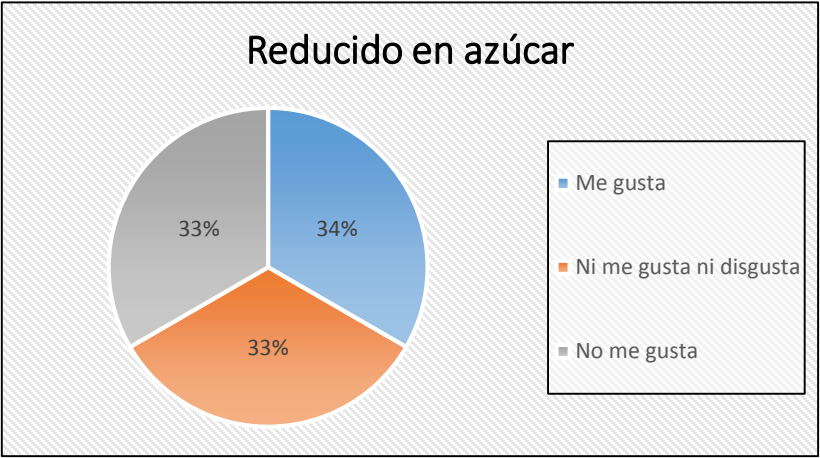


Ilustración 17.- Prueba hedónica formula reducido en azúcar



Ilustración 18.- Prueba hedónica fórmula sin azúcar



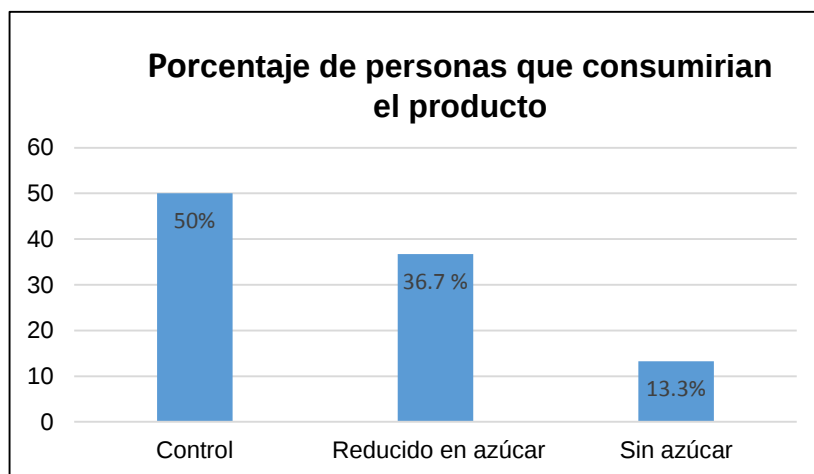


Ilustración 20.- Aceptación del producto

4.2.3 Determinación de sólidos solubles

La medición de sólidos solubles se llevó a cabo con el uso de un refractómetro de mano Abbe, donde los resultados están dentro de especificación en las reglas de uso de la marca colectiva “ATE DE MORELIA REGIÓN DE ORIGEN” (CONFRUTA, 2014) y se muestran en la Tabla 13.

Tabla 12.- Valor de °Brix en los dulces

Fórmula	°Brix
Control	80
Reducido en azúcar	79.5
Sin azúcar	80

4.2.4 Determinación de características químicas

4.2.4.1 Análisis químico proximal

En la Tabla 14 se muestran los resultados del análisis químico proximal de la materia prima y dulces. Fueron analizados estadísticamente utilizando la prueba ANOVA por una vía y comparando las medias usando el método de Tukey-Kramer.

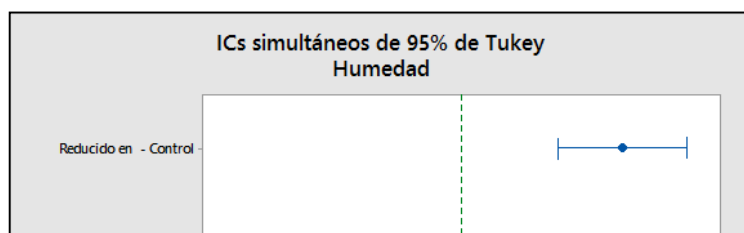
Tabla 13.- Composición químico proximal

Prueba	Control (%)	Reducido en azúcar (%)	Sin azúcar (%)	Tejocote (%)	Perón (%)
Humedad	14.9	17.4	15.94	86.6	86.3
Cenizas	4.5	6.3	5.3	0.6	0.6
Proteína	1.09	1.28	1.37	3.43	2.15
Lípidos	0.8	0.8	0.5	1.4	1.3
Fibra soluble (Pectina)	4.6	6.8	6.9	2.7	2.1
Carbohidratos (ELN)	74.11	67.42	69.99	5.27	7.55
Kcal	308.0	282.0	289.94	47.4	50.5

4.2.4.1.1 Humedad

El análisis estadístico Figura 21, nos demuestra que los dulces sin azúcar y control no presentan diferencia significativa ($\alpha=0.05$) en comparación con el dulce reducido en azúcar.

Factor	N	Media	Agrupación
Reducido en azúcar	3	17.430	A
Sin azúcar	3	15.351	B
Control	3	14.859	B



4.2.4.1.2 Cenizas

El análisis estadístico Figura 22 nos demuestra que los dulces reducido y sin azúcar no presentan diferencia significativa ($\alpha=0.05$), lo mismo pasa entre el dulce control y sin azúcar. Sin embargo, entre el reducido en azúcar y el control si existe diferencia significativa.

Factor	N	Media	Agrupación
Reducido en azúcar	3	6.273	A
Sin azúcar	3	5.296	A B
Control	3	4.494	B

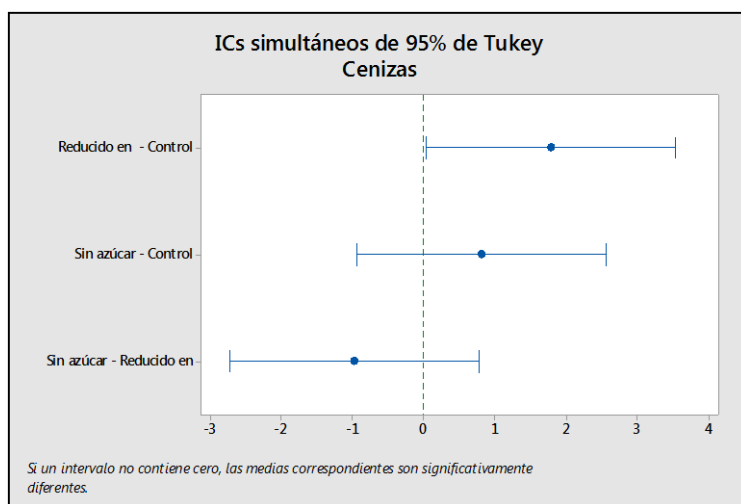


Ilustración 22.- Comparación de medias para cenizas de los dulces

4.2.4.1.3 Extracto etéreo

El análisis estadístico Figura 23 nos demuestra que los dulces reducido y sin azúcar no presentan diferencia significativa ($\alpha=0.05$), situación similar sucede entre el reducido en azúcar y el control. La única diferencia existe entre el control y sin azúcar.

Factor	N	Media	Agrupación
Reducido en azúcar	3	1.607	A B
Sin azúcar	3	1.348	B
Control	3	1.925	A

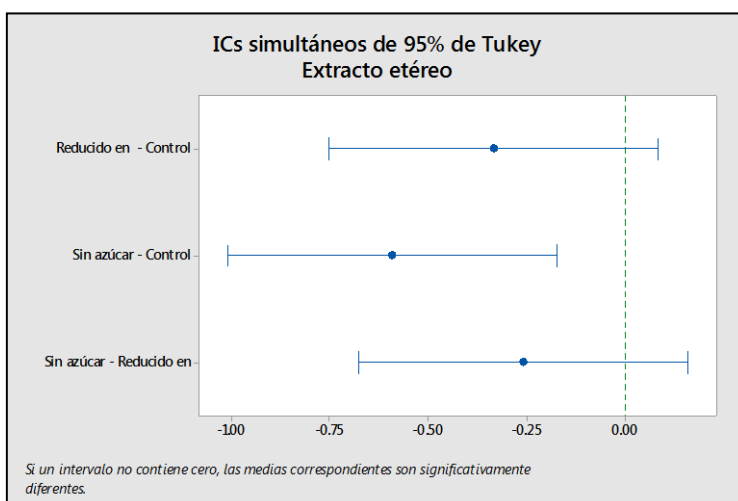


Ilustración 23.- Comparación de medias para extracto etéreo de los dulces

4.2.4.1.4 Proteína

El análisis estadístico Figura 24. nos demuestra que el dulce control presenta diferencia significativa ($\alpha=0.05$) con los demás grupos.

Factor	N	Media	Agrupación
Reducido en azúcar	3	1.334	A
Sin azúcar	3	1.372	A
Control	3	1.093	B

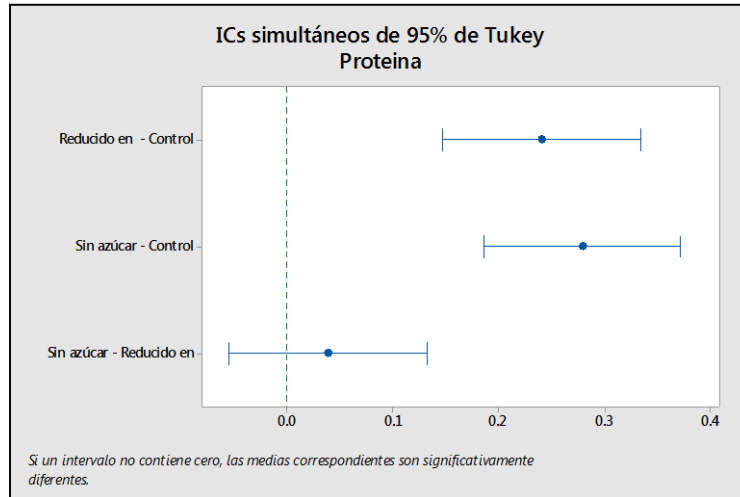


Ilustración 24.- Comparación de medias para proteína de los dulces

4.2.5 Determinación de pectina

Los resultados de cuantificación de pectina se muestran en las Figuras 26 y 27. El análisis estadístico indica que los dulces reducido y sin azúcar no son diferentes entre ellos $\alpha=0.05$ (Figura 25). La mayor cuantificación se debe hipotéticamente a la adición de polidextrosa que se cuantifico como fibra soluble.

Factor	N	Media	Agrupación
Reducido en azúcar	3	6.803	A
Sin azúcar	3	6.963	A
Control	3	4.600	B

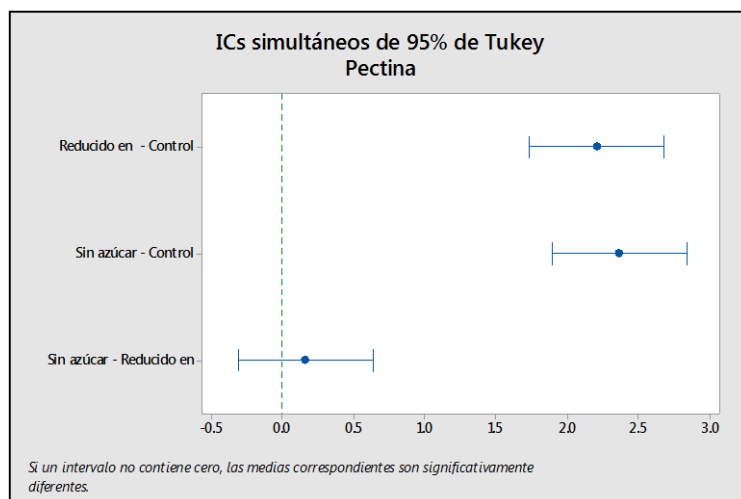




Ilustración 27.- Filtración de pectina



Ilustración 26.- Pectina seca extraída

4.2.6 determinación de características texturales

La dureza y adhesividad se midió con el mismo aditamento, el cual fue TA-RT-KIT (Figura 10). Las condiciones a las cuales se determinó el análisis en el equipo se describen en la Tabla 15.

Tabla 14.- Condiciones de la muestra y del equipo Texturómetro CT3

Tipo de prueba	Compresión
Objetivo	2.0 mm
Tiempo de espera	1.0 s
Carga de activación	1.0 N
Velocidad	2.00 mm/s
Tamaño promedio de bloque de muestra	
Longitud	14.00 mm
Anchura	12.00 mm
Altura	15.00 mm

4.2.6.1 Dureza

El resultado estadístico arroja que las dulces reducido y sin azúcar no presentan diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre ellos. Lo que deduce que el dulce control presenta menor dureza.

Factor	N	Media	Agrupación
Reducido en azúcar	3	15.183	A
Sin azúcar	3	15.697	A
Control	3	12.217	B

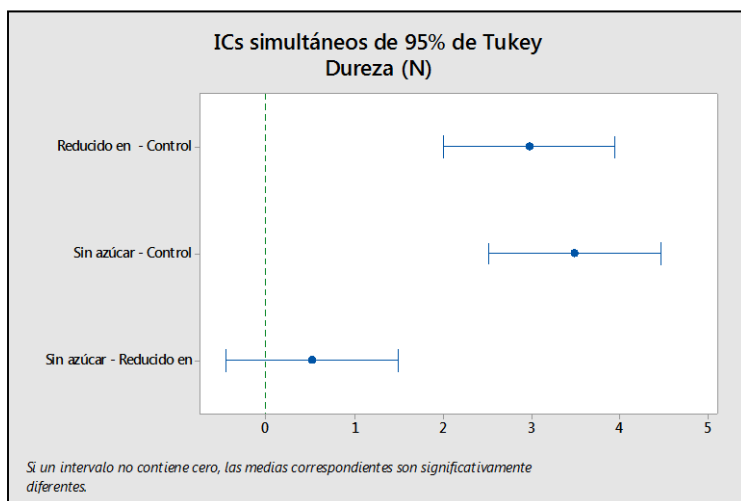


Ilustración 28.- Comparación de medias para dureza de los dulces

4.2.6.2 Adhesividad

El resultado estadístico arroja que entre ninguno de los dulces existe diferencia significativa ($\alpha=0.05$) ver Figura 29

Factor	N	Media	Agrupación
Reducido en azúcar	3	1.833	A
Sin azúcar	3	2.300	A
Control	3	1.133	A

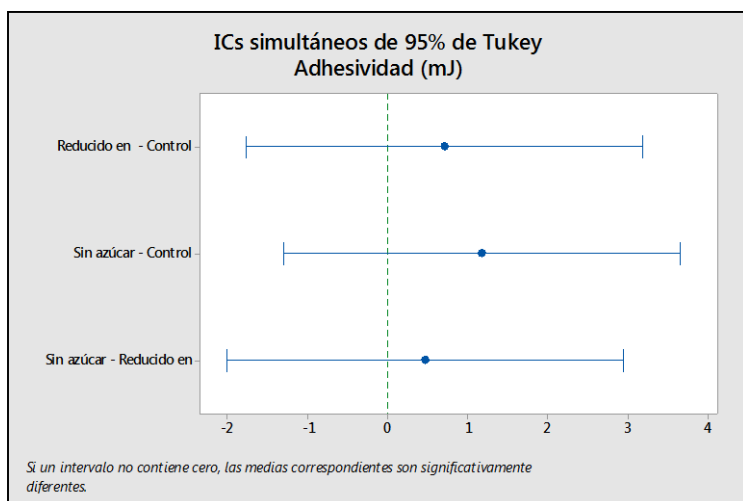


Ilustración 29.- Comparación de medias para adhesividad de los dulces

4.2.7 Determinación de minerales

Se realizó el análisis de Calcio, Hierro y Plomo mediante espectrometría de absorción atómica, los resultados fueron expresados en ppm y se muestran en la Tabla 16. Se deduce hipotéticamente que la cantidad de minerales en los dulces aumento con la adición de chile. Sin embargo se cumple con la especificación para plomo ≤ 1.0 ppm indicada por (NOM-130-SSA1, 1995).

Tabla 15.- Análisis de minerales

Muestra	Mineral		
	Calcio (ppm)	Hierro (ppm)	Plomo (ppm)
Control	14.22	0.26	0.11
Reducido en azúcar	13.84	0.56	0.19
Sin azúcar	12.41	0.20	0.15
Tejocote	12.07	0.37	0.08
Perón	12.57	0.21	0.09

4.2.8 Análisis microbiológico

Con base en (NOM-130-SSA1, 1995) se determinó la inocuidad de materia prima y producto terminado. Logrando la especificación con un nulo crecimiento de microorganismos (Figuras 30, 31 y 32).

En la Tabla 17 se muestran los resultados:

Tabla 16.- Resultado de análisis microbiológico

Microorganismo	UFC
Coliformes totales	≤ 10
Bacterias mesofilas aerobias	≤ 10
Hongos y levaduras	≤ 10



Ilustración 30.- Análisis de Coliformes totales



Ilustración 31.- Análisis de bacterias aerobias



Ilustración 32.- Análisis de hongos y levaduras

Capítulo V: Conclusiones

5.1 Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que se logró el objetivo del proyecto que era obtener un dulce con alto contenido en fibra (47.8% más que en la formulación control) así como la sustitución del azúcar por maltitol, fructosa y povidona, sin embargo, se afectaron las características sensoriales ya que la evaluación sensorial arrojó que solo al 33% de los encuestados les agrado el producto sin azúcares mientras que al 80% les gusto la fórmula con azúcares simples; cabe señalar que la evaluación sensorial se realizó en estudiantes; por otro lado las pruebas texturales concluyeron que el dulce con sustitución de azúcar tiene una mayor dureza lo cual no es deseado para este tipo de productos.

Bibliografía

- AACC. (2001). *American Association of cereal chemist. Approved methods*. St. Paul, MN, EE.UU.
- Anderson, J. (2002). *Tratamiento nutricional de la diabetes mellitus*. En M. Shills, J. Olson, M. Shike, & C. Ross, *Nutrición en salud y enfermedad* (pág. 1577). México: Mc Graw Hill.
- Annis, S. y. (2012). *Recent advances in the molecular genetics of plant cell wall-degrading enzymes produces by plant pathogenic fungi*. *European journal of plant pathology*, 1-14.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson.
- Betancur, A. D. (2003). *Fibra dietética y sus beneficios en la alimentación*. Universidad Autónoma de Yucatan, 1.
- Calderón, d. R. (1991). *Flora fanerogámica del valle de México*. México: Instituto Politecnico Nacional.
- Castro, R. J. (2011). *Los dulces regionales tradición, costumbre e identidad mexiquense*. México: UAEMEX.
- Charley, H. (1990). *Preparación de alimentos*. México: Limusa.
- COFEPRIS. (2016). *Reglamento de control sanitario de productos y servicios*. México.
- Concuera de Mancera, S. (1999). *Entre gula y templanza. Un aspecto de la historia mexicana*. México: Fondo de cultura economica.
- CONFRUTA. (2014). *Reglas de uso de la marca colectiva "Ate de Morelia región de origen"*. Morelia.
- Danisco, C. F. (2005). *Ficha técnica Polidextrosa "Litesse"*. México.
- Edwards, J. (2012). *A review of the chemistry of the genus Crataegus*.
- Golmand, M. M. (1990). *Cardiac problems in pregnancy. Diagnosis and management of maernal and feal disease* 2 Ed., 20.
- Gracheva. (1982). *Tecnologia de enzimas*. Moscu: Eleven.
- INEGI. (2013). *Estadísticas Diabetes Mellitus*. México.
- Jenkins, D. R. (1979). *Hypocholesterolemic action of dietary fiber unrelated to fecal bulking effect*. *The American journal of clinical nutrition*, 32.
- Lavin, M. B. (2010). *Sor juana en la cocina*. México: Grijalbo.
- Lewis, B. B. (1992). *Effects on coronary artery disease of lipid-lowering diet, or diet plus cholestyramine, in the St Thomas. Atherosclerosis regression study*. London: Lancet.

- Martínez, F. H. (2008). *Temas selectos en alimentos, nutrición y salud*. Morelia: Morevallado Editores.
- Mckee, T. M. (2003). *Bioquímica. La base molecular de la vida*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Muñoz, d. C. (2010). *Composición de los alimentos*. México: Mc Graw Hill.
- Navarro, M. (2012). *Aspectos bromatológicos y toxicológicos de los edulcorantes*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- NMX-F-103. (1982). *Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix. Foods. Fruits and derivatives. Determination of degrees Brix. Normas mexicanas. Dirección general de normas*. México.
- NMX-F-317-S. (1978). *Determinación de pH en alimentos*. México.
- NMX-F-347-S. (1980). *Frutas y derivados. Determinación de pectina. Fruits and derivatives. Determination of pectina. Normas mexicanas. Dirección general de normas*. México.
- NOM-015-SSA2. (1994). *Norma oficial mexicana NOM-015-SSA2-1994. Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes*. México.
- NOM-086-SSA1. (1994). *Norma oficial mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales*. México.
- NOM-092-SSA1. (1994). *Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa*. México.
- NOM-110-SSA1. (1994). *Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*. México.
- NOM-111-SSA1. (1994). *Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos*. México.
- NOM-113-SSA1. (1994). *Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa*. México.
- NOM-130-SSA1. (1995). *Norma oficial mexicana NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias*. México.
- Olagniero, G. A. (2007). *Alimentos funcionales: Fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. Dieta (B. Aires) Vol.25, 19-20*.
- Olguin, M. L. (2004). *Introducción a la tecnología de alimentos*. México: Limusa.
- OMS. (2010). *Temas de Salud: Enfermedades crónicas*. Ginebra.

- PROFECO. (2004). *Edulcorantes artificiales*. México.
- Ramírez, G. M. (2011). *Confitería de lo artesanal a la tecnología*. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Reyes, R. S. (1990). *La historia de la azúcar en México*. México: Limusa.
- Rodriguez, R. V. (2008). *Bases de la alimentación Humana*. España: Netbiblo.
- SAGARPA. (2015). *El 93% de tejocote se cultiva en Puebla*. México.
- Tukey, H. (1964). *Dwarfed fruit trees*. New York: Mc millan .
- Valencia, G. F. (2008). *Efecto de la sustitución con povidextrosa y CMC en la calidad sensorial de tortas con bajo contenido de sacarosa*. Revista Lasallista de investigación. Vol.5.No.2, 64-65.
- Valencia, G. F. (2008). *Evaluación de los efectos en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y texturales de povidextrosa, fructosa y sorbitol como sustitutos de azúcar en la elaboración de arequipe*. Revista Lasallista de investigación. Vol.5 No.2, 21.
- Vries. (2003). *Regulation of Aspergillus*. Applied Microbiology Biotechnology, 10-20.
- Wang, W. R. (2002). *Diseño de alimentos funcionales*. México: Mc Graw Hill.